Aus der Neurologischen Universitätsklinik und Poliklinik Würzburg

Direktor: Professor Dr. H.G.Mertens

Histometrie und Verteilung der Fasertypen im Musculus sternocleidomastoideus und Musculus omohyoideus des Menschen

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Monika Gierz, geb. Sdrena

aus Eltville am Rhein

Würzburg, den 14. Juli 1980

Aus der Neurologischen Universitätsklinik und Poliklinik Würzburg

Direktor: Professor Dr. H.G.Mertens

Histometrie und Verteilung der Fasertypen im Musculus sternocleidomastoideus und Musculus omohyoideus des Menschen

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Monika Gierz, geb. Sdrena

aus Eltville am Rhein

Würzburg, den 14. Juli 1980

Referent:	Professor Dr. K. Schimrigk
Korreferent:	Professor Dr. H.G. Mertens
Dekan:	Professor Dr. K.-H. Wulf

Tag der mündlichen Prüfung: 28.11.1980

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Universität Würzburg

Inhalt

1. Einleitung
2. Aufgabenstellung
3. Untersuchungsmaterial
4. Methodik
5. Ergebnisse mit Auswertung
6. Diskussion
7. Zusammenfassung
8. Tabellen und Graphiken
9. Abbildungen
10. Literaturangaben

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543521_0085

1. Einleitung

Die Tatsache, daß die Skeletmuskulatur aus zumindest zwei verschiedenen Muskelfasertypen aufgebaut ist, ist im Prinzip schon sehr lange bekannt:

1678 entdeckt Stefano Lorenzini an von ihm untersuchten Tiermuskeln die verschiedene Färbung von Muskelfasern. Er trennt weiße von roten.

1857 beschreibt Kölliker die Muskelfaser als ein Bündel von Fibrillen, die von einem Sarkolemma umgeben sind. Zusätzlich beachtet er die Interfibrilläre Substanz, in der er zwischen den Fibrillen gelegene "Körner" beschreibt, die sowohl auf Längs- als auch auf Querschnitten zu beobachten waren.

1865 sieht Cohnheim in Muskelfaserquerschnitten zwei verschiedene Strukturen: Drei- bis fünfeckige, von graden Linien begrenzte eher matt aussehende Felder, die von der mehr glänzenden zweiten Substanz netzartig abgetrennt werden.

Von 1873 bis 1880 publiziert Ranvier die Ergebnisse mehrerer intensiver muskelhistologischer Untersuchungen. Er stellt dem unterschiedlichen morphologischen Aussehen eine unterschiedliche Funktion gegenüber. Er trennt die weißen sich schnell aber ohne Ausdauer kontrahierenden Muskelfasern von den roten, ausdauernderen und trägeren.

1891 unterscheidet Knoll zwischen protoplasmareichen, dunklen und protoplasmaarmen, hellen Muskelfasern. Er beobachtete auch, daß ausdauernd arbeitende Muskeln hauptsächlich aus roten Muskelfasern aufgebaut sind.

1919 gelang es Bullard mit einer Sudan-III-Färbung unter-

schiedliche Fasertypen darzustellen. Vergleichskriterium war der Fettgehalt der Fasern, wobei er fetthaltige dunkle, fettarme helle Fasern und einen Zwischentyp unterschied. 1929 konstatierte auch Denny-Brown bei den dunkleren Fasern einen höheren Fettgehalt als bei den hellen, zog aber keine funktionellen Rückschlüsse.

Enzymhistologische Untersuchungen bestätigten und festigten die bis dahin differenzierten Muskelfasertypen.
1955 fanden Wachstein und Meisel an verschiedenen Muskeln von Ratten und Hasen eine unterschiedlich hohe Succinat--Dehydrogenaseaktivität der Muskelfasern. Sie trennten stark gefärbte Muskelfasern mit hoher SDH-Aktivität von schwach gefärbten mit niedriger Enzymaktivität (vgl. auch Padykula 1952 und Ogata 1958).
In einer umfangreichen Studie untersuchten Dubowitz und Pearse (1960) schließlich verschiedene Enzymsysteme an menschlichem und tierischen Biopsiematerial. Sie beobachteten einerseits Muskelfasern mit einem hohen Gehalt an oxidativen Enzymen (wie z.B. Cytochromoxidase, NADH) und gleichzeitig niedrigem Gehalt an Phosphorylasen. Andere Muskelfasern zeigten ein reziprokes Enzymmuster. Ihr Gehalt an Phosphorylasen war hoch, der an oxidativen Enzymen niedrig. In ihrer Arbeit gehen sie auch auf eine Interpretation dieser Ergebnisse ein. Als deren Resultat kristallisierte sich eine enzymhistologisch--funktionelle Beschreibung der zwei Muskelfasertypen I und II wie folgt heraus:
Der Typ I wird als kleiner im Durchmesser, dunkel oder rot in der Farbe beschrieben. Er hat einen hohen Myoglobingehalt, zahl-

reiche Mitochondrien und Lipide; sein Gehalt an oxidativen Enzymen war hoch, der an Phosphorylasen und Glykogen niedrig. Seine Funktion wird als langsame aber anhaltende Kontraktion beschrieben.

Der Typ II zeigt sich als das genaue Gegenstück: Sein Durchmesser ist größer, die Farbe weißlich-hell, der Myoglobingehalt niedrig. Mitochondrien fanden sich nur wenige; der Lipidgehalt sowie die oxidativen Enzyme waren ebenfalls niedrig; Phosphorylase enthielt er dagegen reichlich, ebenso Glykogen. Die Funktion wird als schnelle aber kurz andauernde Kontraktion beschrieben.Die Energiequelle für Typ I stellen somit aerobe Stoffwechselwege dar; Typ II hat einen überwiegend anaeroben Stoffwechsel.

Weitere Arbeiten unterstützten dieses Typenprofil (Pearse 1961) oder bauten es weiter aus. Romanul veröffentlichte 1964 Arbeiten, in denen er quantitative Enzymstudien an Skelett- und Herzmuskeln von Albinoratten vornahm. Er differenzierte acht verschiedene Muskelfasertypen, die er in drei Gruppen aufteilte.

Drei Fasertypen unterscheiden Edström und Kugelberg (1968), wobei ihr Typ A dem klassischen "weißen" Muskelfasertyp entspricht. Funktionell stufen sie ihn phasisch ein. Typ C, als Analogon zu dem "roten" Fasertyp, besitzt eher tonische Funktion. Der Typ B liegt dazwischen (vgl. auch Stein und Padykula 1962).

Engel proklamierte 1962 ebenfalls wie Dubowitz und Pearse (s.o.) zwei Muskelfasertypen, basierte seine Untersuchungen jedoch auf der von Padykula und Herman 1955 entwickelten Methode zur Darstellung der myofibrillären Adenosintriphosphatase (ATP-ase).

Hierbei zeigt Typ I eine niedrige Enzymaktivität, d.h. er wird nur leicht angefärbt. Durch seine hohe Enzymaktivität wird der Typ II stark angefärbt.
Brooke und Kaiser modifizierten 1970 diese Färbemethode. Durch Vorinkubation bei verschiedenen sauren ph-Werten (4,3 und 4,6) ließen sich die Faser-II-Typen in IIa, IIb und IIc, abhängig von ihrer Empfindlichkeit dem ph-Wert gegenüber, differenzieren. Auch Suchenwirth und Bundschu (1970) beschreiben als "methodisch zuverlässigste Grundlage bei der Differenzierung der beiden Hauptfasertypen I und II die Darstellung der myofibrillären ATP-ase" (inkub. bei ph 9,4).

Neben der morphologischen, funktionellen und histochemischen Differenzierung in Muskelfasertypen wurde durch verschiedene Methoden versucht, die unterschiedliche Größe der einzelnen Fasern histometrisch zu bestimmen. Mehrere Autoren entwickelten Meßverfahren:
Einerseits wurde der Faserdurchmesser berücksichtigt (Engel 1969, Aherne 1968, Schmitt 1975), andererseit wurde die Muskelfaserfläche gemessen (Edström und Torlegard 1969, Suchenwirth und Bundschu 1970, Bundschu, Gräser 1973).

2. Aufgabenstellung

Ausgangspunkt der vorliegenden Arbeit ist ein mikroskopisch-beschreibender Vergleich zwischen dem M.sternocleidomastoideus und dem M.omohyoideus. Als Vergleichkriterien wurden herangezogen:

1.) Anzahl der Muskelkerne pro mm^2.

2.) Anzahl der Muskelfasern pro mm^2.

3.) Quotient zwischen Anzahl der Muskelkerne und Anzahl der Muskelfasern.

4.) Prozentuale Verteilung der einzelnen Muskelfasertypen (Typ I, Typ IIa und Typ IIb nach Brooke und Kaiser).

5.) Messung der Muskelfaserquerschnittsflächen in μ^2.

6.) Anzahl der erfaßten Muskelspindeln.

Die anatomische Lage beider Muskeln sei kurz skizziert.
Der Omohyoideus gehört in der anatomischen Systematik zu der Gruppe der Zungenbeinmuskeln, genauer zu den unteren Zungenbeinmuskeln, die sich zusammensetzen aus dem M.sternohyoideus, dem M.sternothyreoideus, dem M.thyreohyoideus und dem M.omohyoideus. Die gesamte Gruppe gehört zu den Längsmuskeln der vorderen Rumpfwand, im Abdominalbereich durch den M.rectus abdominis repräsentiert. Innerviert werden die unteren Zungenbeinmuskeln von den Cervikalnerven C_1 - $C_{3/4}$. Alle vier sind bandförmige Muskeln, die die Halseingeweide, insbesondere die Schilddrüse und die Trachea bedecken. Der zweibauchige Omohyoideus speziell entspringt von dem oberen Rand des Schulterblattes. In bogenförmigem Verlauf erreicht er seinen Ansatzpunkt, das Zungenbein, wo er seitlich des Sternohyoideus ansetzt. Funktionell greift dieser Muskel gemeinsam mit den übrigen dieser Gruppe regulierend in die Lagebeziehung, die Unterkiefer, Zungenbein, Kehlkopf und Luftröhre zueinander haben, ein.
Über die Zungenbeinmuskeln lagert sich der Sternocleidomastoideus, der als Abkömmling der Kiemenbogenmuskeln von Kopf-

nerven (N.accessorius) versorgt wird. Der Muskel zieht von Sternum und Clavicula kommend in einer schrägen Drehung zum Processus mastoideus des Hinterhauptes. Einseitig beansprucht dreht er den Kopf zur entgegengesetzten Seite und neigt ihn gleichzeitig zur gleichen Seite. Beide Sternocleidomastoidei halten den zurückfallenden Kopf bzw. schieben ihn wieder nach vorn.

3. Untersuchungsmaterial

Untersucht wurden 107 Muskelbiopsien, entnommen von Patienten die an einem Neoplasma im Nasen-Rachen-Raum erkrankt waren, also nicht primär an einer spezifischen Muskelerkrankung litten und somit als muskelgesunde Probanden angesehen werden können. Von zwei Fällen abgesehen (einem Myastheniepat. und einem Pat. mit Hemiparese links nach Schädel-Hirn-Trauma), handelt es sich bei den 16 als pathologisch eingestuften Präparaten um unspezifisch begleitmyopathische Veränderungen, die im Zusammenhang mit der Grunderkrankung standen.
Zahlenmäßig ergab sich folgende Aufteilung: 46 gesunden Sternocleidopräparaten (20 rechtsseitig und 26 linksseitig entnommen) standen 39 gesunde Omohyoidei (davon 22 rechts und 17 links) gegenüber. Von den oben erwähnten 16 pathologischen Präparaten entstammten 8 von Sternocleido- und 8 von Omohyoideusbiopsien.
Zusätzlich ergab sich die Möglichkeit 6 Patienten, bei denen ein Torticollis spasticus diagnostiziert worden war, vergleichend zu untersuchen. Bei diesen Patienten wurde je-

weils sowohl der linke als auch der rechte Sternocleidomastoideus biopsiert.
Die Patienten waren im Durchschnitt 54 ± 13 Jahre, wobei der älteste 77 Jahre, der jüngste 14 Jahre alt war.
17 Frauen standen 90 Männern gegenüber.

4. Methodik

Die für die Diagnostik wesentlichen histologischen und histochemischen Reaktionen erfolgen an tiefgefrorenem Muskelgewebe (Jerusalem und Bischhausen 1975). Die ca. 2 cm langen Muskelproben wurden schonend mit möglichst parallelem Faserbündelverlauf entnommen und sofort in mit flüssigem Stickstoff gekühlten Isopentan bei -170°C tiefgefroren. Bei -20°C wurden im Kryostat 10µ dicke Schnitte angefertigt, diese auf Objektträger gezogen und anschließend folgende histologische Färbungen, bzw. histochemische Reaktionen angewandt: Hämatoxylin-Eosin-Färbung, Trichrom-Färbung und v.Gieson-Färbung; PAS-, NADPH-, alkalische und sauere ATP-ase-Reaktion (Dubowitz und Brooke 1974).
Zum Auszählen der Muskelfasern und -kerne pro mm^2 wurde bei 500facher Vergrößerung die H.-E.-Färbung benutzt, da sich hier die Kerne dunkelblau und somit besonders kontrastreich in den rötlich gefärbten Muskelfasern darstellen. Bei dieser Vergrößerung entsprach das zu überblickende Gesichtsfeld einer Fläche von 0,07 mm^2. Es wurden jeweils 10 disjunkte Gesichtsfelder ausgezählt und von den erhaltenen Kern- und Muskelfaserwerten der statistische Mittelwert zusammen mit der

Standardabweichung und dem Variationskoeffizienten errechnet.

Zur Bestimmung des prozentualen Anteils eines jeden Muskelfasertypes, ebenso wie zur quantitativ-histometrischen Bestimmung der Muskelfaserquerschnittsfläche, wurden bei 200facher Vergrößerung die mit saurer ATP-ase Reaktion behandelten Präparate mikroskopiert. Hierbei stellen sich, genau wie bei der alkalischen ATP-ase, die Fasertypen besonders gut dar (Brooke und Kaiser 1970). Der Typ I erscheint hier braun-schwarz, Typ IIb hell-blaß, eventuell sichtbare intermediäre oder IIa-Fasern erscheinen hellbraun. Für jeden Patienten wurde ein Areal von 2,2 mm^2, was 5 disjunkten Gesichtsfeldern bei 200facher Vergrößerung entspricht, ausgezählt. Zum Ausmessen der Muskelfaserquerschnittsflächen wurde der Teilchengrößenzähler nach Endter und Gebauer benutzt. Bei dieser Methode erfolgt die Messung der Querschnittsflächen mittels einer beleuchteten Irisblende, deren Lichtkegel von 1,2 - 27,7 mm verstellbar, über zwei Projektionsspiegel direkt mit dem zu messenden Objekt zur Deckung gebracht werden kann. Kamen dabei Kreisblende und Muskelfaser nicht voll zur Deckung, wurde die Meßmarke so weit vergrößert, daß überstehenden Muskelfaserflächen flächenmäßig ausgeglichen wurden, "was erfahrungsgemäß leicht abzuschätzen ist" (Bundschu und Gräser 1973). Zur späteren Umrechnung auf tatsächliche, maßstabgerechte Werte wurde die Größeneinstellung der Irisblende mit einem Objektmikrometer geeicht.

Der mit Hilfe der Irisblende gemessene Flächenwert wurde von einer Digitalanzeige als jeweils proportionaler Spannungswert angezeigt und durch Betätigung eines Fußschalters über

ein Umkodierungsgerät auf Lochstreifen gestanzt. Diese Werte wurden von einem zur Verfügung stehenden Computer (Digital pdp - 8/e der Digital equipment) bearbeitet. Der Computer druckte von jedem ihm zugeführten Lochstreifen eine Verteilungskurve der Meßwerte in Form eines Histogrammes aus; außerdem den arithmetischen Mitterwert $\bar{x}$ und die Standardabweichung $\pm s$.
Für jeden Fasertyp wurden, so weit möglich, 150 Messungen durchgeführt.
Die auf diese Weise erhaltenen Einzelprofile der Fasertypen wurden zusammengefaßt und wiederum statistisch ausgewertet.

Somit ließ sich nach Durchsicht der erhaltenen Resultate ein Vergleich zwischen dem M.omohyoideus und dem M.sternocleidomastoideus ziehen.

5. Ergebnisse mit Auswertung

Bei 200facher Vergrößerung zeigten beide Muskeln ein ähnliches Bild:
Die H.-E. Färbung stellte leicht rosa gefärbte, polygonale, eng aneinander grenzende Muskelfaserquerschnitte dar, wobei sich die kräftig blau gefärbten randständigen Kerne deutlich abhoben. Die Anzahl der durch Bindegewebe abgetrennten Faszikel differierte. Der Omohyoideus wies drei bis vier Faszikel, der Sternocleido dagegen eins bis zwei auf. In diesem Zusammenhang sei auf die große intra- und interindividuelle Schwankungsbreite, die später noch genauer diskutiert wird, hingewiesen.

Sofort auffällig war auch die größere Anzahl an Muskelspindeln, die in den Omohyoideuspräparaten getroffen waren.
In der ATP-ase Färbung bildeten sich beide Muskeln in dem bekannten Schachbrettmuster ab. Die Muskelfasertypen lagen bunt gemischt durcheinander; eine unmittelbar auffallende Prädominanz eines Fasertypen zeigte sich selten.

Der Auswertung wurden Vergleiche zwischen folgenden Gruppen zugrunde gelegt:

A) Vergleich zwischen den gesunden Sternocleidomastoidei und Omohyoidei.

B) Vergleich zwischen den Torticollispräparaten, aufgeteilt in rechts und links, und den dazugehörigen Sternocleidonormalwerten.

C) Aufführen der 16 als nicht gesund betrachteten Präparate.

D) Geschlechtsspezifischer Vergleich.

Bei jeder Vergleichsgruppe wurden die schon in dem Absatz "Aufgabenstellung" beschriebenen Parameter beachtet. Sie seien noch einmal kurz ins Gedächtnis zurückgerufen:

1.) Anzahl der Muskelkerne pro mm^2.

2.) Anzahl der Muskelfasern pro mm^2.

3.) Quotient Muskelkerne/Muskelfasern.

4.) Prozentuale Verteilung der Muskelfasertypen.

5.) Messung der Muskelfaserquerschnittsflächen.

6.) Anzahl der Muskelspindeln.

Zu A) Der M.sternocleidomastoideus (mit 46 untersuchten Patienten, davon 7 Frauen) wies 422,4 Kerne und 160,3 Muskelfasern pro mm^2 auf. Beim Omohyoideus (39 Patienten, davon 4 Frauen) waren 497,6 Kerne und 277,2 Muskelfasern pro mm^2 zu sehen (vgl. auch Tab. 1 und 2). Der Quotient zwischen der Anzahl der Kerne und der Anzahl der Muskelfasern pro mm^2 beträgt im Durchschnitt beim Sternocleido 3, beim Omohyoideus 2. Allerdings lagen hierbei die größten und kleinsten beobachteten Werte bei beiden Muskeln zwischen 0 und 6 (7), d.h. in manchen Muskelfasern waren keine Kerne getroffen. Da manche Präparate im Rahmen der histochemischen Färbereaktion bei unterschiedlichen ph-Werten vorinkubiert worden waren, konnte man in vielen Schnitten zusätzlich zu den Hauptfasertypen I und IIb auch noch IIa-Fasern differenzieren. Bei der Auswertung wurde nun erstens lediglich zwischen Fasertyp I und II, wobei die IIa-Fasertypen zu den IIb-Fasertypen hinzuaddiert worden sind, unterschieden.

Dabei wurden im Sternocleidomastoideus 55,9% der Fasern vom Typ II gestellt, die verbleibenden 44,1% fielen auf Typ I. Im Omohyoideus verhielt sich das prozentuale Verhältnis der Fasertypen fast reziprok. Hier stehen 46,0% Typ II-Fasern 54,0% Typ I-Fasern gegenüber. In einem zweiten Auswertungsgang wurden die IIa-Fasertypen getrennt von den IIb-Fasern statistisch ausgewertet (s. Tab. 1 und 2). Die zahlenmäßige Verteilung des IIa-Types war unterschiedlich. Manche Präparate wiesen einen Prozentsatz von 30%, andere wieder weniger als 10%, teilweise sogar unter 5% dieses Fasertypes auf. Aufschlußreicher erscheint die Feststellung

der proportionalen Verhältnisse der drei Muskelfasertypen zueinander. Setzt man die Anzahl der I -Typen gleich 1, so verhalten sich die Typ IIa-,bzw. Typ IIb-Fasern im Sternocleidomastoideus wie 1 : 0,3 : 0,8 im Omohyoideus hingegen wie 1 : 0,2 : 0,6.

Bei der Flächenmessung ergaben sich als Mittelwerte:

	Sternocleidomastoideus	Omohyoideus
Typ I	4016,5 μ^2	3055,7 μ^2
Typ IIa	3950,7 μ^2	3197,4 μ^2
Typ IIb	4618,5 μ^2	3570,0 μ^2

Typ IIb ist demzufolge in beiden Muskeln der größte Vertreter. Beim Sternocleidomastoideus folgt größenmäßig Typ I vor Typ IIa; der Omohyoideus zeigt ein umgekehrtes Bild. Dieses Größenverhältnis der Typen zueinander steht im Einklang zu der Arbeit von Edström und Nyström (1969). Ebenfalls auffallend ist die Tatsache, daß bei der vorliegenden Untersuchung der Vergleich zwischen rechts und links wie folgt ausgefallen ist:
Bei beiden Muskeln liegen die Meßwerte der rechts entnommenen Biopsien deutlich über den von der linken Halsseite entstammenden Muskeln. Ergänzend dazu muß gesagt werden, daß abgesehen von den Torticollispräparaten die Muskelproben nur ausnahmsweise beidseitig an demselben Patienten entnommen wurden. Ob eine Dominanz der rechten Körperhälfte, ausgedrückt durch eine Rechtshändig-

keit der Patienten vorlag, konnte, wiederum abgesehen von den Torticollispatienten, den Krankengeschichten nicht entnommen werden. Festgehalten sei lediglich die Bemerkung, daß die Dominanz einer Großhirnhemisphäre mit konsekutiver Bevorzugung der kontralateralen Körperseite möglicherweise auch in diesem Zusammenhang zu beachten ist. Betrachtet man den größten als auch den kleinsten Flächenwert, der ausgemessen wurde, so zeigt sich ebenfalls, daß die größten Flächenwerte immer auf der rechten Seite zu finden sind, z.B. für Typ I:

	größter Wert	kleinster Wert
Sterno. ges. re.	6067,7 μ^2	3203,6 μ^2
Sterno. ges. li.	4886,2 μ^2	2895,4 μ^2
Omo. ges. re.	4564,9 μ^2	2288,5 μ^2
Omo. ges. li.	4300,4 μ^2	1669,3 μ^2

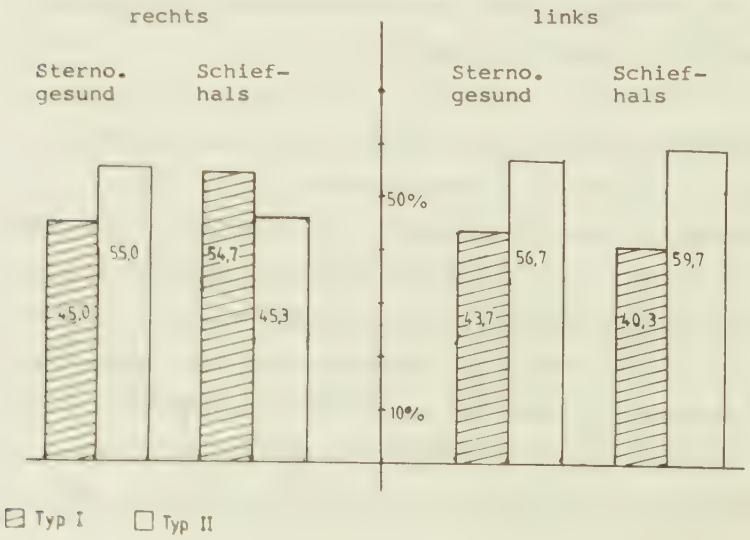
In diesem Beispiel wurden nur die bei Männern gemessenen Werte herangezogen (genaueres s. Tab. 3).

Bemerkenswert ist auch das unterschiedlich häufige Vorkommen an Spindeln in beiden Muskeln.
Die Gesamtzahl der muskelgesunden Sternocleidopatienten (46) wies 14 Spindeln auf, wobei höchstens zwei Spindeln in einem Präparat zu finden waren. 10 der Spindeln fanden sich in Biopsien der rechten Halsseite (20 Patienten), nur 4 linksseitig (26 Patienten). Im Omohyoideus zeigten manche Präparate bis zu 5 Spindeln. Insgesamt konnten bei den 39 Omohyoideuspatienten (davon 22 rechtsseitig und 17 linksseitig) 48

Spindeln gezählt werden, 28 Spindeln in den rechts entnommenen Proben, 20 links. Im Durchschnitt waren also im Sternocleidomastoideus 0,3 und im Omohyoideus 1,2 Spindeln pro Präparat getroffen.

Zu B) Die Torticollispatienten, die beidseitig biopsiert worden waren, zeigten eine rechtsseitige Kern- und Muskelfaserverminderung (Schiefhals: 116 Muskelfasern mit 318,9 Kernen pro mm^2, Normalpersonen: 149,6 Muskelfasern mit 400,8 Kernen pro mm^2). Linksseitig fiel, bezogen auf die Normalwerte, eine Kern- und Muskelfaservermehrung auf (Schiefhälse: 198 Muskelfasern mit 458 Kernen pro mm^2, Normalpersonen: 168,5 Muskelfasern mit 438,5 Kernen pro mm^2).

Die prozentuale Verteilung der Fasertypen zeigten deutliche Verschiebungen:



Demzufolge zeigt der M.sternocleidomastoideus auf der erkrankten Seite (rechts), zu der laut Krankengeschichte der Kopf geneigt war, eine auffallende Diskrepanz verglichen mit den bei Normalpersonen erhaltenen Werten. Typ I tritt um fast 10% vermehrt auf, Typ II um den gleichen Betrag vermindert. Die linke Seite, zu der der Kopf gedreht war, zeigt die Umstrukturierung in der Fasertypdominanz nicht. Hier sind im Gegenteil die Normalwerte nach oben und unten hin leicht überschritten; es stellt sich eher eine Typ II - Vermehrung bei gleichzeitiger Typ I - Abnahme dar.

Die Muskelfaserquerschnittsmessung verweist auf eine Hypertrophietendenz der rechten Sternocleidomastoidei. Beide Fasertypen sind gleich betroffen:

	Sternocleido	Schiefhals
Typ I rechts	4192,1 μ^2	4822,8 μ^2
Typ II rechts	4852,2 μ^2	5459,3 μ^2

Der linke Sternocleido zeigt verglichen mit den Normalwerten eher verkleinerte Querschnittsflächen:

	Sternocleido	Schiefhals
Typ I links	3857,6 μ^2	3685,3 μ^2
Typ II links	4407,2 μ^2	4365,5 μ^2

Bei diesen Zahlenwerten wurden 5 der 6 Torticollispatienten berücksichtigt. In diesen Fällen war der rechte Sternocleidomastoideus erkrankt. Vollständigkeitshalber seien nun die Werte der 6. Patientin aufgeführt. Bei ihr war der linke Sternocleido pathologisch verändert. Die Fasertypisierung wich eklatant von den übrigen Werten ab. Sie zeigte auf beiden Seiten eine Typ I - Prädominanz von über 70% (72,9% bzw. 72,7%). Die Querschnittsmessung ergab eindeutig, daß in diesem Fall der linke Sternocleido größere Flächenmeßwerte aufwies.

	rechts	links
Typ I	3443,7 μ^2	5185,7 μ^2
Typ II	2233,6 μ^2	3423,9 μ^2

Zusätzlich soll auch noch auf die auffallende Vergrößerung der Typ I - Fasern hingewiesen werden.

Zu C) Die begleitmyopathisch veränderten Präparate, die in diesem Abschnitt besprochen werden, wurden von vornherein gesondert betrachtet. Die Veränderungen wie z.B. vereinzelte Fasernekrosen, stärkere Kaliberschwankungen, vermehrtes interstitielles Bindegewebe, das zum Teil verfettet war, zentrale Kerne und atrophisch abgerundete Fasern sprachen für krankhafte Vorgänge in dem Gewebe. Abgesehen von einer Patientin mit Myasthenia gravis lagen keine muskelspezifischen Befunde

vor, weshalb diese Präparate als unspezifisch myopathisch verändert betrachtet wurden. Beim Omohyoideus ist lediglich eine leichte Erhöhung der Kernzahl pro mm^2 festzustellen (myop. 514,2; gesund 497,6); Muskelfaservermehrung pro mm^2 konnte nicht festgestellt werden. Der Sternocleido dagegen zeigte sowohl eine relative Kern- als auch Faservermehrung pro mm^2 (160 Muskelfasern mit 422,4 Kernen bei Normalpersonen gegenüber 196 Muskelfasern mit 478,5 Kernen bei den Begleitmyopathien).

Die Verteilung der Fasertypen zeigt eine jeweilige "Vertiefung" des Grundmusters der Muskeln. Im Omohyoideus dominieren bei Normalpersonen die Typ I - Fasern. Bei den Begleitmyopathien ist diese Dominanz stärker ausgeprägt, gleichzeitig treten die Faser II - Typen mehr zurück. Der Sternocleido zeigt das gleiche Bild unter umgekehrten Vorzeichen. Hier erscheinen normalerweise mehr Typ II - Fasern; bei den begleitmyopathisch veränderten Präparaten ist diese Dominanz weiter ausgebaut (genaue Werte siehe Tabellen 1 und 2). Beide Muskeln zeigen also ein ähnliches Verhalten.

Auch die Querschnittsmessung weist Parallelitäten beider Muskeln auf. Sowohl beim Sternocleidomastoideus als auch beim Omohyoideus war eine Verkleinerung der Querschnittsflächen beim Typ I feststellbar. Typ IIa war, ebenfalls bei beiden Muskeln, vergrößert. Typ IIb blieb beim Sternocleidomastoideus unverändert, beim Omohyoideus war er im Mittel ebenfalls kleiner. Diese Aussagen wurden durch Gegenüberstellen der Maxima- und Minimawerte sowohl der kranken als auch der gesunden Muskeln getroffen.

	Maximal-werte		Minimal-werte	
	gesund	krank	gesund	krank
Sternocleido				
Typ I	6067,7 μ^2	4403,5 μ^2	2620,7 μ^2	3026,5 μ^2
Typ IIb	7507,9 μ^2	4928,8 μ^2	2775,4 μ^2	3507,1 μ^2
Typ IIa	5377,0 μ^2	4869,8 μ^2	2264,7 μ^2	4154,3 μ^2
Omohyoideus				
Typ I	4564,9 μ^2	3823,0 μ^2	1669,3 μ^2	1496,2 μ^2
Typ IIb	5247,4 μ^2	4759,5 μ^2	1730,5 μ^2	2388,4 μ^2
Typ IIa	4529,5 μ^2	4592,6 μ^2	1694,2 μ^2	2279,2 μ^2

Die bei den Normalpersonen gemessenen Extremwerte werden nur beim Omohyoideus Typ I und Typ IIa unter- bzw. überschritten. Allgemein kann jedoch festgestellt werden, daß die myopathischen Biopsien, abgesehen von den Typ IIa - Fasern im Omohyoideus, kleinere Flächen aufweisen, also eher eine Atrophietendenz nachweisbar ist.
Beim Sternocleido konnten in diesen Präparaten keine Muskelspindeln gefunden werden. Die Omohyoideusschnitte zeigten 5 Muskelspindeln, wobei höchsten 2 bei einem Patienten zu sehen waren.

Zu D) Wie schon in anderen Arbeiten festgestellt, sind die Muskelfasern bei Männern größer und dicker als bei Frauen (Brooke und Engel 1969, Brooke und Kaiser 1970, Edström und Nyström 1969, Suchenwirth und Bundschu 1970), was anhand der

folgenden Tabelle bestätigt werden kann:

	♀ und ♂	♀	♂
Sternocleido			
Typ I	4016,5 ± 1095,1 μ^2	3605,0 ± 603,9 μ^2	4132,6 ± 864,6 μ^2
Typ IIb	4618,5 ± 1095,1 μ^2	3500,2 ± 539,6 μ^2	4855,8 ± 1037,0 μ^2
Typ IIa	3950,7 ± 876,3 μ^2	3069,5 ± 713,9 μ^2	4270,3 ± 707,9 μ^2
Omohyoideus			
Typ I	3055,7 ± 749,5 μ^2	2089,7 ± 337,8 μ^2	3140,0 ± 715,4 μ^2
Typ IIb	3570,0 ± 925,5 μ^2	2003,3 ± 249,1 μ^2	3734,7 ± 836,3 μ^2
Typ IIa	3197,4 ± 857,6 μ^2	1694,2 μ^2 (1 Meßwert)	3291,3 ± 790,2 μ^2

Berücksichtigt man die jeweilige Standardabweichung, beobachtet man, daß sich die Werte teilweise überlappen Deutlicher wird dies beim Vergleich der gefundenen Maximal- oder Minimalwerte (s. Tab. 3). Der Maximalwert wurde zwar immer bei einem männlichen Patienten gemessen, der Minimalwert meist bei einer Frau. Die Maximalwerte der Frauen liegen jedoch, von einigen Ausnahmen abgesehen (Omohyoideus rechts Typ IIa/b, Sternocleido links Typ IIa), stets über dem Minimalwert der Männer. Somit liegen die an weiblichen Probanden gewonnenen Meßwerte zwar im unteren Grenzbereich und fast stets unterhalb des gemeinsamen Mittelwertes; dabei muß allerdings berücksichtigt werden, daß das Zahlenverhältnis

zwischen Männern und Frauen sehr ungleich war (11 Frauen gegenüber 76 Männern). Zudem fällt auf, daß bei den Frauen die Muskelfasertypen I und II fast gleich groß sind.
Auch bei den Torticollispatienten stellten die Männern die größten Muskelfaserquerschnitte, die Frauen die kleineren. Auffallend ist jedoch die rechtsseitige Hypertrophieneigung beider Geschlechter verglichen mit dem jeweils separat errechneten Mittelwert der Normalpersonen, auch hier unterteilt in Männer und Frauen.
Die Anzahl der Muskelfaserspindeln verteilte sich folgendermaßen: Im Sternocleidomastoideus wurden 3 Spindeln bei 2 Patientinnen gezählt; bei den Männern konnte in 11 Präparaten je eine Spindel gefunden werden. Im M.omohyoideus zeigten die Präparate der 4 Frauen 12 Spindeln, die von 21 Männern 36 Spindeln.

6. Diskussion

Wie schon in etlichen Arbeiten beschrieben (z.B. Brooke und Engel 1969, Suchenwirth und Sulemana 1972, Dubowitz und Brooke 1973), weisen die Muskelfasern starke intra- und interindividuelle Kaliberschwankungen auf. Die Grenzen zum Pathologischen, in diesem Fall der Atrophie, bzw. Hypertrophie der Faser, resp. einzelner Fasertypen, ist noch nicht einheitlich definiert (Bundschu und Suchenwirth 1973). Diese Autoren setzen einem Vergleich zwischen Muskelproben vergleichbare Geschlechts- und Altersgruppen voraus. Dubowitz

und Brooke (1973) grenzen den Bereich des Gesunden durch Atrophie- - und Hypertrophiefaktoren ab. Diese Faktoren wurden aus Histogrammen errechnet und stellen die Zahl der abnorm kleinen bzw. abnorm großen Fasern in einer Biopsie dar. Als Grenzwert betrachteten sie Faserdurchmesser von 40 - 80 u bei Männern bzw. 30 - 70 u bei Frauen. 1970 versuchten Suchenwirth und Bundschu die individuelle Streuung mit Hilfe des Variationskoeffizienten (VK) erkennbar zu machen, der die Beziehung Standardabweichung zu Mittelwert prozentual ausdrückt; wobei sie sich bei einem Variationskoeffizienten von VK = 30% als oberen Grenzwert orientierten. Der Variationskoeffizient wurde auch in der vorliegenden Arbeit berechnet und befindet sich in den jeweiligen Tabellen.

Allgemein ist gesichert, daß die Funktion eines Muskels eng mit der Dominanz eines der beiden Fasertypen zusammenhängt. Wie anfangs schon erwähnt schreibt man den roten Typ I - Fasern eine tonische, den weißen Typ II - Fasern eine phasische Reaktionweise zu.
Auch die vielfältigen Beobachtungen an Tiermuskeln bestätigen dies. So beschrieben verschiedene Autoren den Brustmuskel bei Vögeln als "rot", die Beinmuskeln erschienen "weiß" (Ogata und Mori 1963). In ihrer Arbeit über den Aufbau verschiedener Skelettmuskeln des Menschen zeigen Sulemana und Suchenwirth (1972) ebenfalls charakteristische Proportionalitäten zwischen Muskelfasern Typ I und Typ II, bezogen auf die Funktion der jeweiligen Muskeln. So besteht der nur kurzfristig in Aktion tretende Trizeps brachii vorwiegend aus

Typ II - Fasern. Der sich ständig in tonischer Funktion befindende Erector spinae wies hauptsächlich Fasern des Typ I auf.

Bei der vorliegende Arbeit wurden zwei Muskeln lichtmikroskopisch untersucht, deren Funktion von der Lage her nicht so offensichtlich einem eher tonischen bzw. phasischen Aktionsschema zuzuordnen ist. Das Ergebnis zeigt aber, daß auch in enger Nachbarschaft liegende Muskeln bemerkenswerte Unterschiede aufweisen. So stellt sich der Sternocleidomastoideus als mehr phasisch funktionierend dar. Bei Omohyoideus überwiegt das "tonische Potential" in Form des Fasertyp I.

Die zusätzliche Möglichkeit eines morphologisch-beschreibenden Vergleiches zwischen Sternocleidobiopsien, bei denen die klinische Diagnose eines Torticollis spasticus feststand, mit den gefundenen Normalwerten, zeigte die bekannte Hypertrophie des erkrankten Muskels an den einseitig vergrößerten Muskelfaserquerschnittsflächen.
Das krankhafte Vorgänge innerhalb der Muskulatur bzw. von Seiten der versorgenden Nerven zu Veränderungen in dem Verteilungsmuster der Muskelfasertypen führen, ist lange bekannt und Grundlage der enzymhistologischen Forschung. In einer Arbeit von Suchenwirth et al. (1972) wird z.B. die erhebliche Rückbildung "weißer Muskelmasse" bei Bewegungseinschränkung durch Coxarthrose beschrieben. Auch der Sternocleido macht hierin keine Ausnahme. Neben der Hypertrophie beider Fasertypen stellte sich bei der erkrankten Seite der

Torticollispräparate eine Umstrukturierung des Fasertyp-verhältnisses dar: Nicht mehr der phasisch arbeitende Typ II war der zahlenmäßig häufigste, sonder der tonische Typ I trat an seine Stelle, was funktionell und vom Krankheits-bild her leicht vorstellbar ist.

Diese Aussagen über histologisch befundete Torticollis-biopsien müssen leider unvollständig bleiben, da, um eine umfassendere Beschreibung des mikroskopierbaren Muskelbildes bei dieser Erkrankung vorlegen zu können, zumindest zusätzliche Biopsiebefunde des M.trapezius (und eventuell anderer Nackenmuskeln) vorhanden sein müßten, da auch diese Muskeln in das Krankheitsgeschehen eingreifen.

Ähnliches gilt für die Beurteilung der unterschiedlichen Anzahl an Muskelspindeln in beiden Muskeln. Bekanntlich stehen diese sensiblen Rezeptoren, deren spezifischer Reiz die Dehnung des Muskels darstellt, im Dienste der Tiefen-sensibilität. Die Muskelspindeln liegen meist im Perimysium internum, umgeben von einer kräftigen Bindegewebsscheide (siehe auch Abb. 13). Jeder Muskel besitzt eine unterschied-liche Anzahl an Spindeln. Hierbei beziehen sich die Zahlen-angaben auf unterschiedliche Vergleichskriterien. Die An-zahl der Muskelspindeln wird teilweise absolut (Gesamtzahl der gefundenen Spindeln pro Muskel) teilweise relativ (die gefundene Gesamtzahl bezogen auf Muskelgewicht in gr.) angegeben (Olkowski und Manocha), wobei u.a. der M. trapezius 2,2 Spindeln, der M. stylohyoideus 5 Spindeln pro Gramm Muskel

aufweist.
Im vorliegenden Fall wurde die Anzahl der pro Präparat angeschnittenen Spindeln gezählt und diese Zahlen statistisch ausgewertet. Die im Omohyoideus höhere Anzahl gefundener Muskelspindeln, die bekanntermaßen Einfluß auf Tonus und Motorik des Bewegungsapparates nehmen, könnte Anlaß zu funktionell- reflektorischen Rückschlüssen,im Zusammenhang mit der Ausrichtung des Kopfes im Raum, geben. Um diese Vermutung auszubauen,müßten verschiedene benachbarte Muskeln unter ähnlichen Voraussetzungen untersucht werden. Besonders interessant erscheint hierbei der Antagonismus zwischen Nackenmuskulatur und Sternocleidomastoideus.

7. Zusammenfassung

Dieser Arbeit liegt ein lichtmikroskopischer Vergleich zwischen zwei Muskeln zugrunde. 1o7 Sternocleidomastoideus- und Omohyoideusbiopsien wurden unter bestimmten Kriterien verglichen und ergaben teilweise deutliche Unterschiede zwischen beiden Muskeln.
Die Bestimmung der Kern- und Muskelfaseranzahl pro mm^2 erfolgte bei 5oofacher Vergrößerung an H.-E. gefärbten Präparaten. Der Quotient aus diesen beiden Größen, d.h. die Anzahl von Kernen pro Muskelfaser, betrug beim Sternocleidimastoideus im Mittel 3, beim Omohyoideus 2.
Die prozentuale Verteilung der Fasertypen beschreibt den Sternocleidomastideus mit 55,9% Typ II - Fasern als mehr

phasischen, den Omohyoideus mit 54,o% Typ I - Fasern als eher tonisch arbeitenden Muskel.

Die gegebene Vergleichsmöglichkeit, die gewonnenen Sternocleidomastoideusnormalwerte 6 Torticollisbiopsien gegenüberzustellen, zeigte eine Hypertrophieneigung der erkrankten Sternocleidomuskeln, vergesellschaftet mit einer Umstrukturierung des Muskels im Verhältnis der Fasertypen zueinander.

Die Muskelfaserflächenmessung zeigte bei beiden Muskeln eine rechtsseitige Vergrößerung der Faserquerschnitte gegenüber der linken Seite. Ebenfalls in beiden Muskeln waren die Faser II - Typen die querschnittsflächenmäßig größten Vertreter. Der Sternocleidomastoideus wies gegenüber dem Omohyoideus die größeren Muskelfaserquerschnitte auf. Die Anzahl der gezählten Muskelspindeln variierte: Im Sternocleidomastoideus waren durchschnittlich 0,3, im Omohyoideus 1,2 Muskelspindeln pro Präparat getroffen.

- TABELLE 1 -

- M.sternocleidomastoideus -

	gesund re.+li.	gesund rechts	gesund links	krank[1]	Torticollis re.+li.2)	Torticollis rechts	Torticollis links
Anz.d.Pat.	46 39♂ 7♀	2o 17♂ 3♀	26 22♂ 4♀	8 7♂ 1♀	1o 3♂ 2♀	5 3♂ 2♀	5 3♂ 2♀
Kerne/mm^2	422,4 + 81,4 V̄K=19,3%	4oo,8 + 53,1 V̄K=13,2%	438,5 + 95,6 V̄K=21,8%	478,5 + 153,4 V̄K=32,1%	388,4 + 138,o V̄K=35,5%	318,9 + 52,3 V̄K=16,4%	458,o + 158,7 V̄K=34,7%
Muskelf/mm^2	16o,3 + 56,o V̄K=34,9%	149,6 + 4o,o V̄K=26,7%	168,5 + 65,4 V̄K=38,8%	196,8 + 52,7 V̄K=26,8%	157,o + 66,7 V̄K=42,5%	116,o + 2o,6 V̄K=17,7%	198,o + 73,5 V̄K=37,1%
Verhältnis Kerne/Muskf.	2,8 + o,8 V̄K=28,6%	2,8 + o,5 V̄K=17,9%	2,8 + o,9 V̄K=32,1%	2,5 + o,9 V̄K=36,o%	2,5 + o,3 V̄K=13,3%	2,7 + o,3 V̄K=1o,3%	2,3 + o,3 V̄K=13,o%
Fasertypen in %:							
Typ I	44,1 + 12,2 V̄K=27,7%	45,o + 12,9 V̄K=28,7%	43,3 + 11,8 V̄K=27,3%	35,5 + 15,1 V̄K=42,5%	47,5 + 9,5 V̄K=2o,o%	54,7 + 3,8 V̄K=7,o%	4o,3 + 7,8 V̄K=19,3%
Typ II	55,9 + 12,2 V̄K=21,8%	55,o + 12,9 V̄K=23,5%	56,7 + 11,8 V̄K=2o,8%	64,5 + 15,1 V̄K=23,4%	52,5 + 9,5 V̄K=18,1%	45,3 + 3,8 V̄K=8,4%	59,7 + 7,8 V̄K=13,o%

falls im Präparat Typ IIa und IIb getrennt ausgewertet werden konnten:

Typ I	45,9 + 11,5 $\bar{V}K$=25,1%	48,7 + 15,1 $\bar{V}K$=31,0%	43,8 + 8,1 $\bar{V}K$=18,6%	55,9 + 15,1 $\bar{V}K$=42,5%			
Typ IIa	15,9 + 13,9 $\bar{V}K$=87,4%	12,8 + 12,2 $\bar{V}K$=95,3%	18,6 + 15,2 $\bar{V}K$=81,7%	27,2 + 2o,8 $\bar{V}K$=76,5%			
Typ IIb	38,2 + 12,4 $\bar{V}K$=32,5%	38,5 + 11,5 $\bar{V}K$=29,9%	37,5 + 13,5 $\bar{V}K$=36,o%	36,4 + 15,6 $\bar{V}K$=42,9%			
Flächenmessung in μ^2:							
Typ I	4o16,5 + 1o95,1 $\bar{V}K$=27,3%	4192,1 + 86o,8 $\bar{V}K$=2o,5%	3857,6 + 732,3 $\bar{V}K$=19,o%	3672,7 + 538,5 $\bar{V}K$=14,7%	4254,1 + 843,5 $\bar{V}K$=19,8%	4822,8 + 615,3 $\bar{V}K$=12,8%	3658,3 + 643,o $\bar{V}K$=17,4%
Typ IIa	395o,7 + 876,3 $\bar{V}K$=22,2%	4421,3 + 696,o $\bar{V}K$=15,7%	3636,9 + 874,2 $\bar{V}K$=24,o%	4575,8 + 374,2 $\bar{V}K$=8,2%			
Typ IIb	4618,5 + 1o95,1 $\bar{V}K$=23,7%	4852,2 + 1112,9 $\bar{V}K$=22,9%	44o7,2 + 1o6o,7 $\bar{V}K$=24,1%	4277,5 + 647,o $\bar{V}K$=15,1%	5o88,8 + 112o,2 $\bar{V}K$=22,o%	5459,3 + 811,1 $\bar{V}K$=14,9%	4365,5 + 953,5 $\bar{V}K$=21,8%
Anz.d. Spindeln	14	1o	4	o	3	2	1

1) Abgesehen von einem Patienten mit Myasthenie und einem Patienten mit Schädelhirntrauma handelte es sichausschließlich um unspezifisch myopathische Veränderungen im Rahmen eines Neoplasmas des Nasen-Rachen-Raumes.

2) Die Torticollispräparate rekrutierten sich aus Muskelproben von 6 Patienten (3 Männern und 3 Frauen), bei denen beide, sowohl der rechte als auch der linke Sternocleidimastoideus biopsiert wurden.
Allerdings wurde eine Patientin getrennt ausgewertet. Laut Krankengeschichte war bei ihr, im Gegensatz zu allen anderen der linke Sternocleidomastoideus erkrankt.

- TABELLE 2 -

- M.omohyoideus -

	gesund re.+li.	gesund rechts	gesund links	krank [1]
Anz.d.Pat.	39 (35♂ 4 ♀)	22 (2o♂ 2 ♀)	17 (15♂ 2 ♀)	8 (6 ♂ 2 ♀)
Kerne/mm^2	497,6 + 121,6 V̄K=24,4%	488,7 + 86,o V̄K=17,6%	5o9,1 + 158,6 V̄K=31,2%	514,2 + 167,7 V̄K=32,6%
Muskelf./mm^2	277,2 + 123,2 V̄K=44,5%	258,3 + 93,1 V̄K=36,1%	3o1,7 + 153,4 V̄K=5o.8%	277,o + 14o,5 V̄K=5o,7%
Verhältnis Kerne/Muskef.	2,o + o,5 V̄K=25,o%	2,o + o,5 V̄K=25,o%	1,8 + o,4 V̄K=22,2%	2,5 + o,9 V̄K=36,o%
Fasertypen in %:				
Typ I	54,o + 12,6 V̄K=23,3%	53,5 + 12,6 V̄K=23,6%	54,6 + 12,8 V̄K=23,4%	63,4 + 14,3 V̄K=22,6%
Typ II	46,o + 12,6 V̄K=27,4%	46,5 + 12,6 V̄K=27,1%	45,4 + 12,8 V̄K=28,2%	36,6 + 14,3 V̄K=39,1%
falls im Präparat Typ IIa und IIb getrennt ausgewertet werden konnten:				
Typ I	55,3 + 12,4 V̄K=22,4%	54,1 + 12,4 V̄K=22,9%	56,9 + 12,7 V̄K=22,3%	57,6 + 1o,3 V̄K=17,9%
Typ IIa	11,8 + 12,5 V̄K=1o5,9%	14,1 + 13,4 V̄K=95,o%	8,7 + 11,o V̄K=126,4%	8,7 + 12,4 V̄K=142,5%
Typ IIb	32,9 + 9.7 V̄K=29,5%	31,8 + 8.2 V̄K=25,8%	34,1 + 11,6 V̄K=34,o%	33,7 + 7.7 V̄K=22,8%
Flächenmessung in μ^2:				
Typ I	3o55,7 + 749,5 V̄K=24,5%	3171,8 + 7o6,1 V̄K=22,3%	2885,5 + 8o2,9 V̄K=27,8%	2794,9 + 8o8,4 V̄K=28,9%

- TABELLE 3 -

Maximal-und Minimalwerte, die bei der Flächenmessung von Muskelfaserquerschnitten des Omohyoideus und Sternocleidomastoideus gemessen wurden in μ^2:

Sterno. re.	16 ♂	3 ♀
Typ I	6o67,7 - 32o3,6	4194,o - 36o6,o
Typ IIb	75o7,9 - 3688,5	3815,1 - 4223,3
Typ IIa	5377,o - 3529,2	3971,1 (1Wert)
Sterno. li.	17 ♂	4 ♀
Typ I	4886,2 - 2895,4	4oo2,9 - 262o,7
Typ IIb	6387,8 - 3426,4	3545,5 - 2775,4
Typ IIa	5191,9 - 3344,9	3165,4 - 2246,7
Omoh. re.	2o ♂	2 ♀
Typ I	4564,9 - 2288,5	2387,8 - 2158,4
Typ IIb	5247,4 - 23o2,2	2287,6 - 1823,5
Typ IIa	4529,5 - 1824,o	1694,2 (1 Wert)
Omoh. li.	14 ♂	1 ♀
Typ I	43oo,4 - 1669,3	1722,8 (1 Wert)
Typ IIb	4591,1 - 173o,5	1898,8 "
Typ IIa	3579,2 - 2578,1	- -

Typ IIa	3197,4 + 857,6 $\bar{V}K$=26,8%	3299,5 + 935,2 $\bar{V}K$=28,3%	2864,9 + 481,1 $\bar{V}K$=16,8%	3251,2 + 1oo6,8 $\bar{V}K$=31,o%
Typ IIb	357o,o + 925,5 $\bar{V}K$=25,9%	3769,5 + 96o,4 $\bar{V}K$=25,5%	3277,4 + 815,2 $\bar{V}K$=24,9%	3556,8 + 944,5 $\bar{V}K$=26,6%
Anz.d. Spindeln	48	28	2o	5

1) Bei diesen Fällen handelte es sich ebenfalls um begleitmyopathische Veränderungen im Gefolge einer Neoplasie des Nasen--Rachen-Raumes.

- TABELLE 4 -

Die am M.sternocleidomastoideus gemessenen Werte, aufgeteilt in Männer und Frauen:

	♀	♂
Anz.d.Pat.	7	39
Kerne/Mf.	2,26 ± o,28	2,29 ± o,82
Flächenmessung in μ^2:		
Typ I re.	394o,4 ± 3o2,2	4245,6 ± 941,8
Typ I li.	314o,3 ± 623,5	4o26,4 ± 662,2
Typ I re/li	36o5,o ± 6o3,9	4132,6 ± 864,6
Typ IIb re.	3992,7 ± 2o9,2	5o13,3 ± 1142,3
Tpy IIb li.	313o,9 ± 358,9	47o7,5 ± 937,7
Typ IIb re/li	313o,9 ± 539,6	47o7,5 ± 1o37,o
Typ IIa re.	3971,1 (1 Wert)	4511,3 ± 738,o
Typ IIa li.	2769,o ± 47o,o	4o69,4 ± 678,1
Typ IIa re/li	3o69,5 ± 713,o	427o,3 ± 7o7,8

- TABELLE 5 -

Die am M.omohyoideus gemessenen Werte, aufgeteilt in Männer und Frauen:

	♀	♂
Anz.d.Pat.	4	35
Kerne/Mf.	1,77 ± o,41	1,98 ± o,49
Flächenmessung in μ^2:		
Typ I re.	2273,1 ± 162,2	3216,1 ± 673,3
Typ I li.	1722,8 (1 Wert)	2968,4 ± 763,5
Typ I re/li	2o89,7 ± 337,8	314o,o ± 715,4
Typ IIb re.	2o55,6 ± 328,2	3985,9 ± 819,2
Typ IIb li.	1898,8 (1 Wert)	3375,9 774,7
Typ IIb re/li	2oo3,3 ± 249,1	3734,5 ± 836,3
Typ IIa re.	1694,2 (1 Wert)	3433,5 ± 836,8
Typ IIa li.	-	2864,9 ± 481,1
Typ IIa re/li	-	3291,3 ± 79o,2

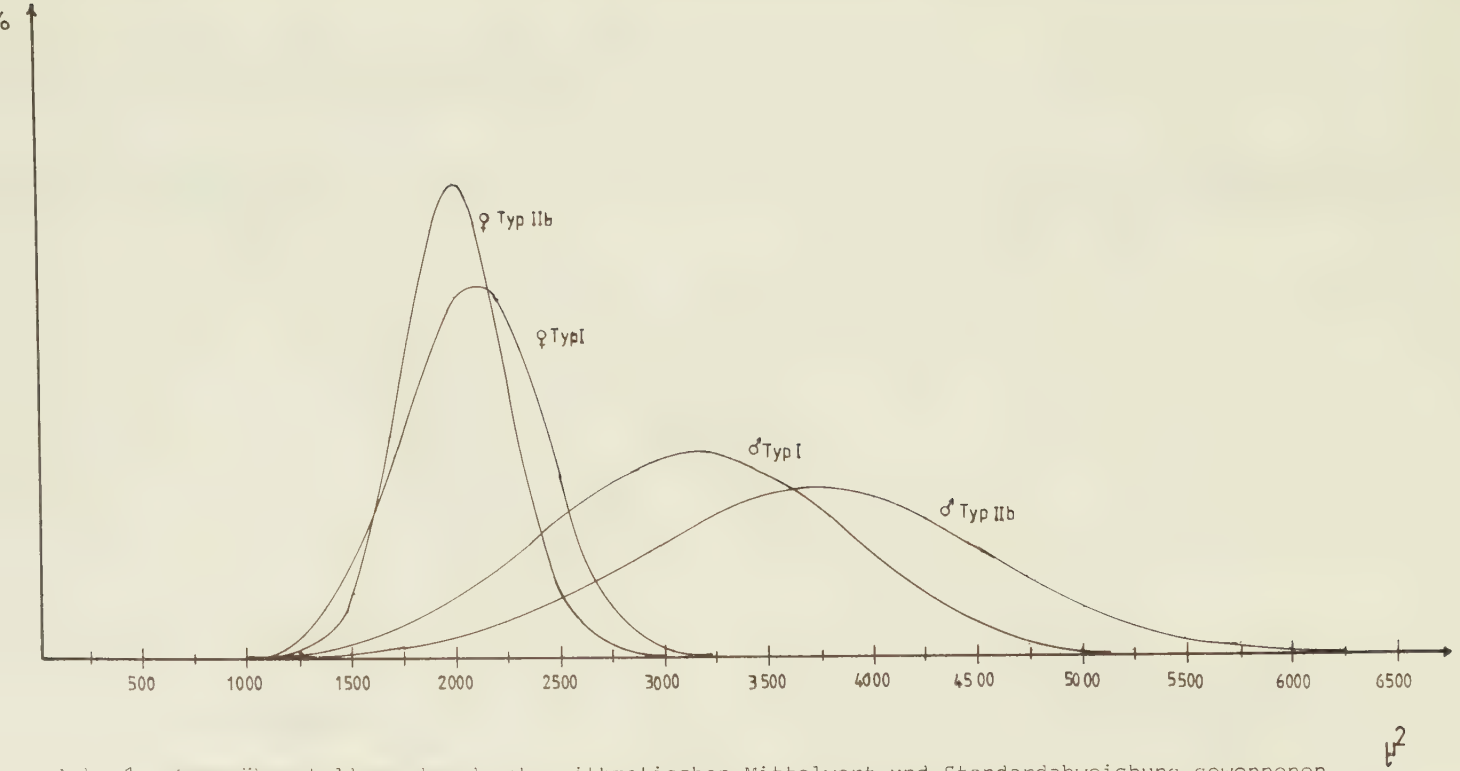


Abb. 1: Gegenüberstellung der durch arithmetischen Mittelwert und Standardabweichung gewonnenen Glockenkurven der Muskelfaserquerschnittsmessung bei Männern und Frauen. Es fallen die größeren Meßwerte der Männer und die verschobene Fasertypverteilung zwischen den Geschlechtern auf: Bei den Frauen liegen die Meßwerte der beiden Fasertypen nahe beieinander, während bei den Männern die Typ IIb - Fasern deutlich größer als die Typ I - - Fasern sind.

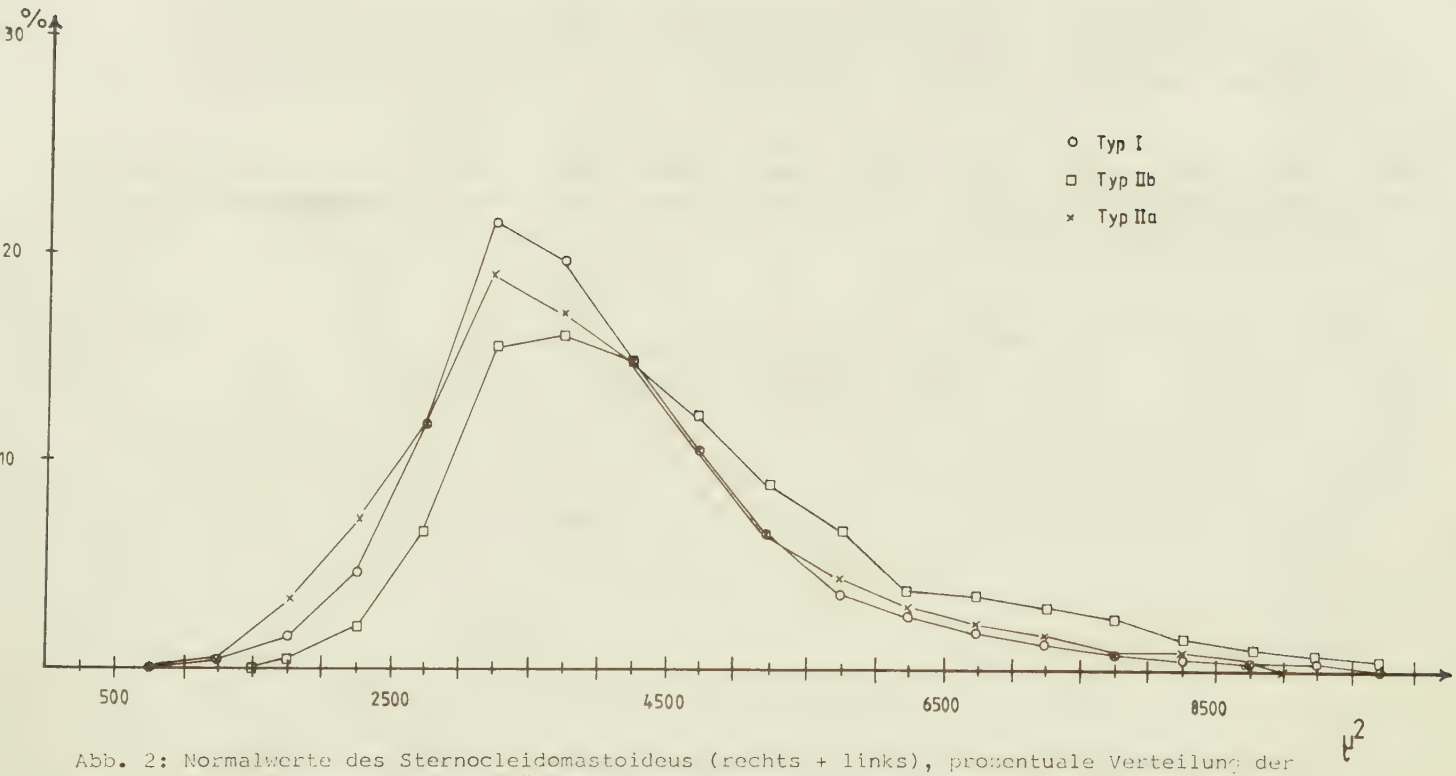


Abb. 2: Normalwerte des Sternocleidomastoideus (rechts + links), prozentuale Verteilung der Muskelfaserquerschnittsflächen.

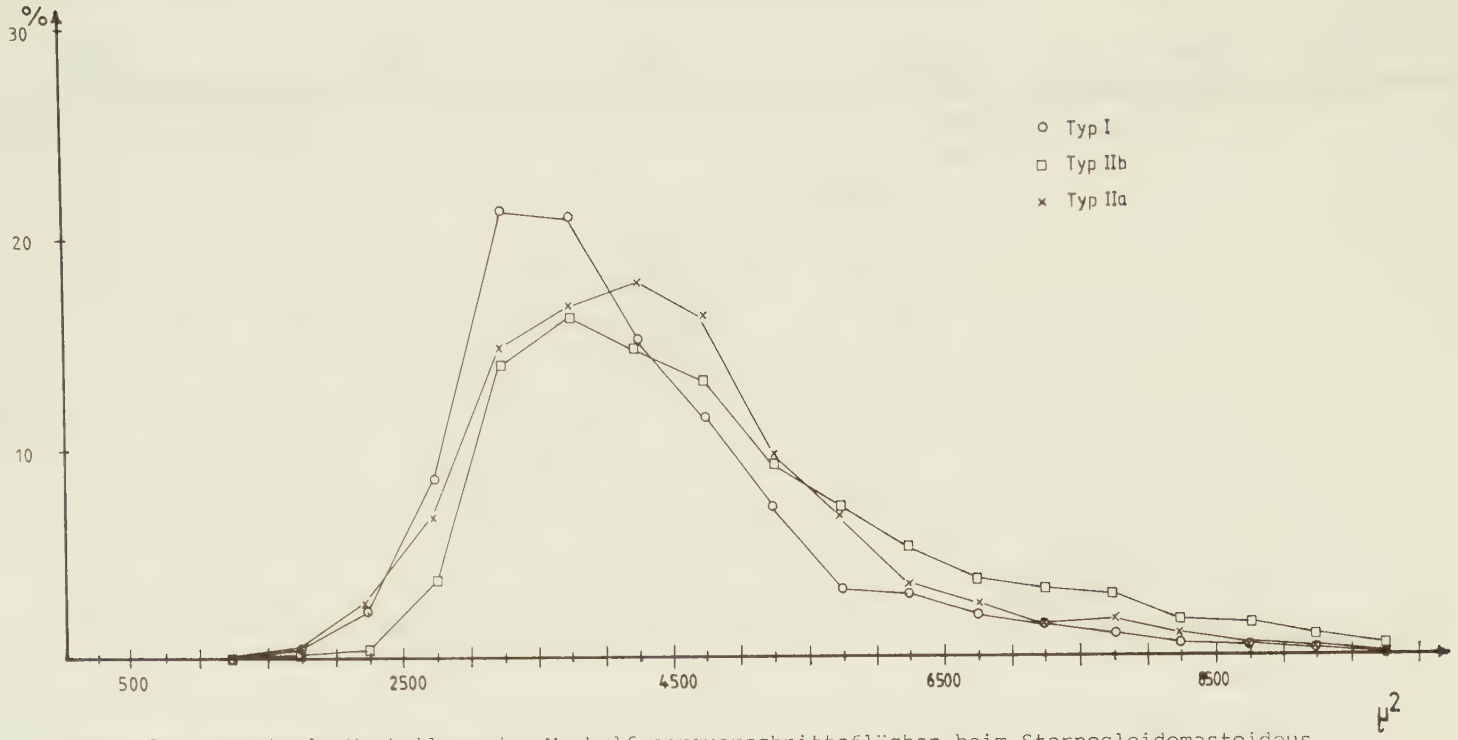


Abb. 3: Prozentuale Verteilung der Muskelfaserquerschnittsflächen beim Sternocleidomastoideus (rechts), gemessen an Normalpersonen.

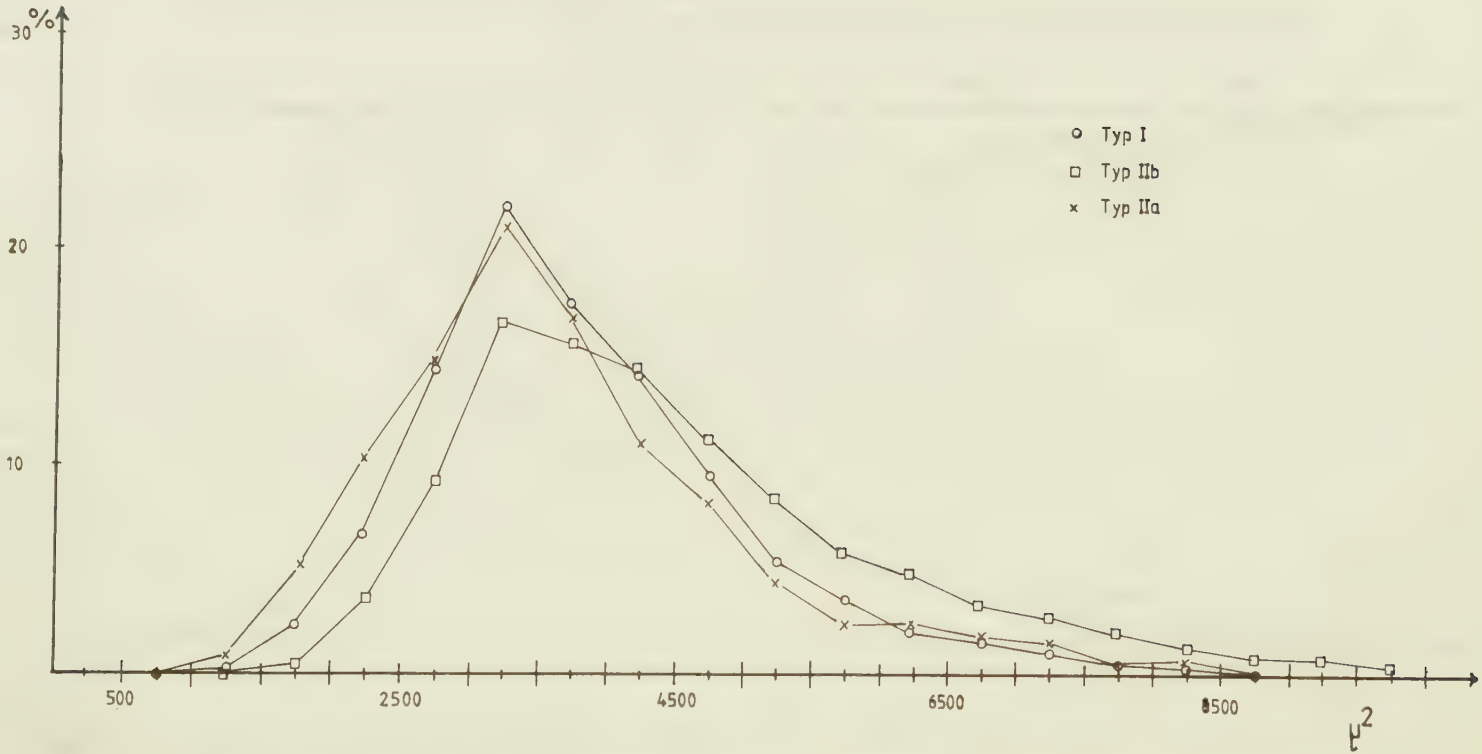


Abb. 4: Prozentuale Verteilung der Muskelfaserquerschnittsflächen beim Sternocleidomastoideus (links), gemessen an Normalpersonen.

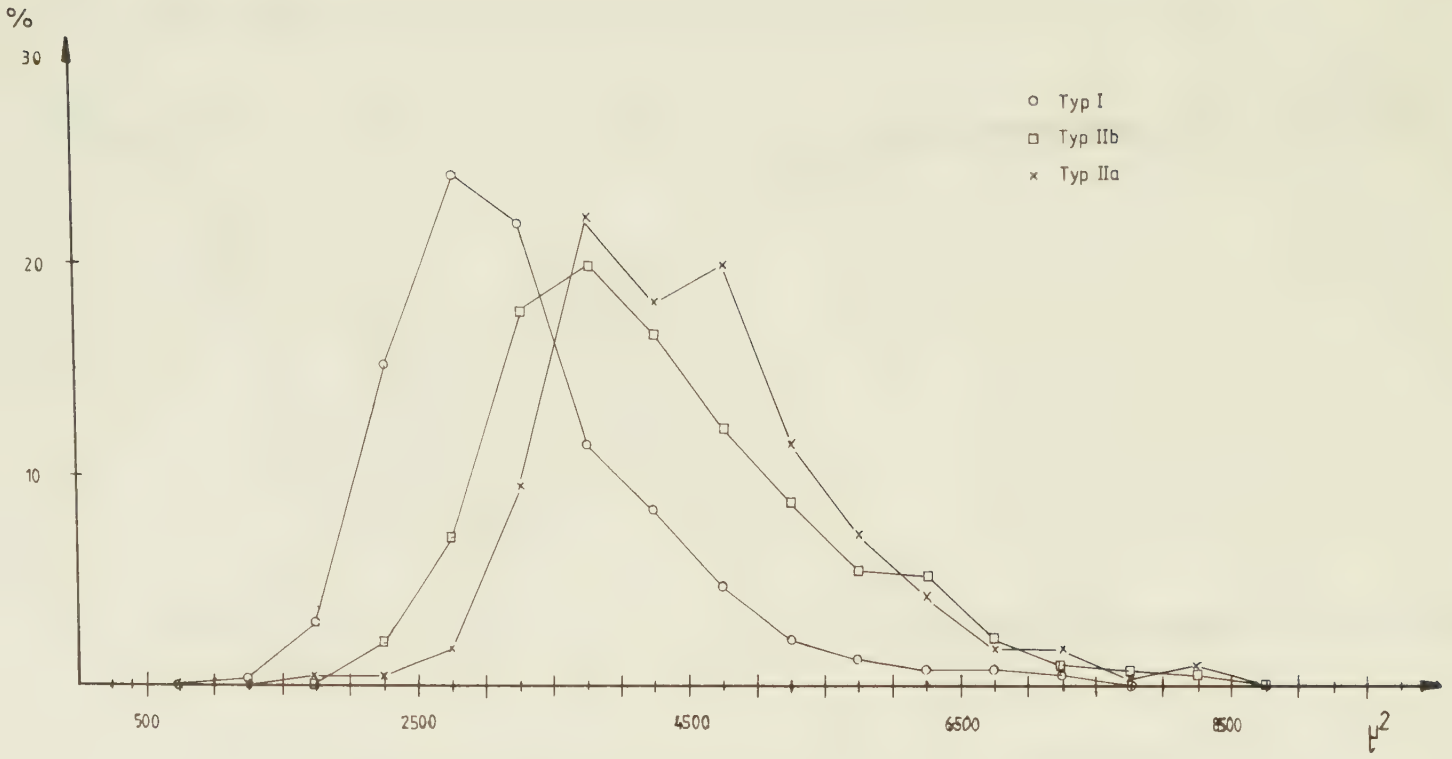


Abb. 5: Prozentuale Verteilung der Muskelfaserquerschnittsflächen beim Sternocleidomastoideus, gemessen an begleitmyopathisch erkrankten Muskeln (rechts + links).

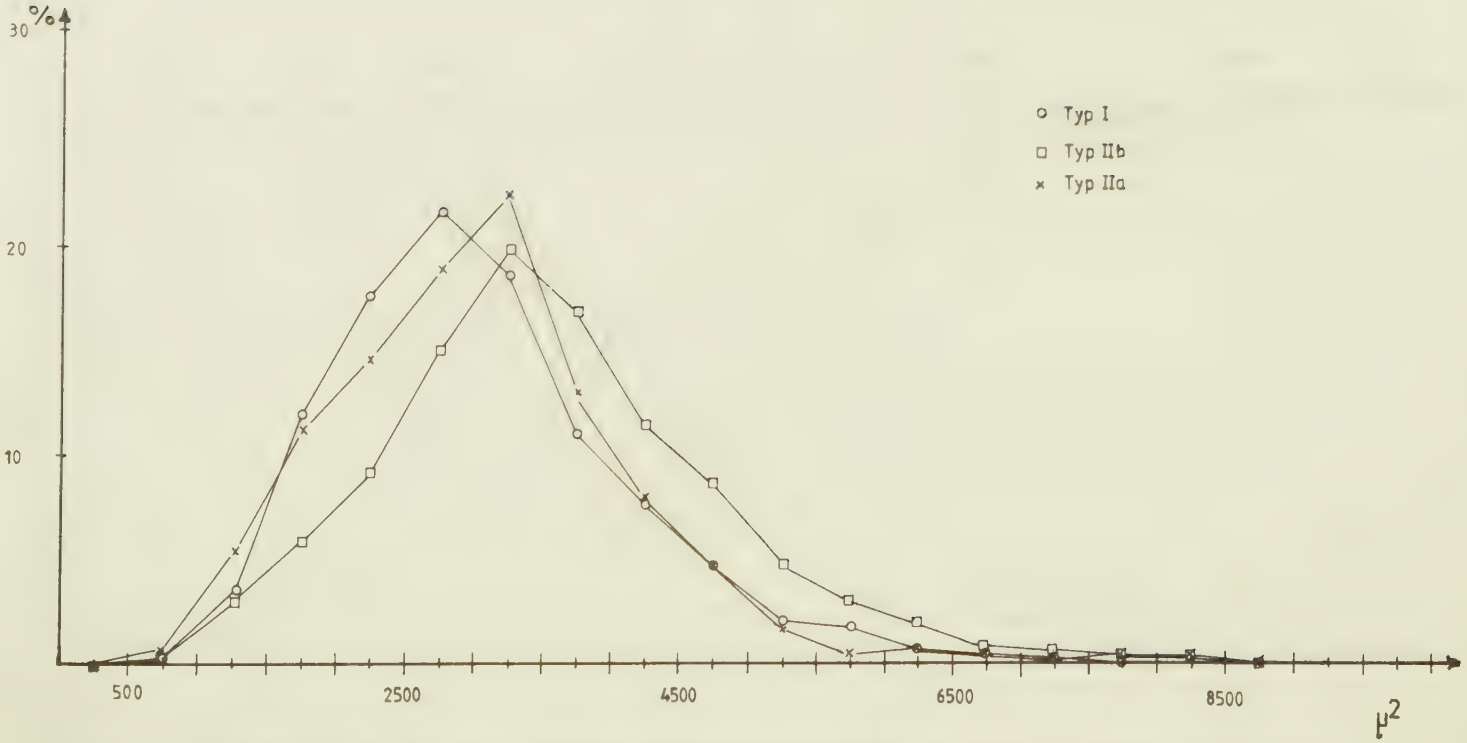


Abb. 6: Prozentuale Verteilung der Muskelfaserquerschnittsflächen beim Omohyoideus (rechts + links), gemessen an Normalpersonen.

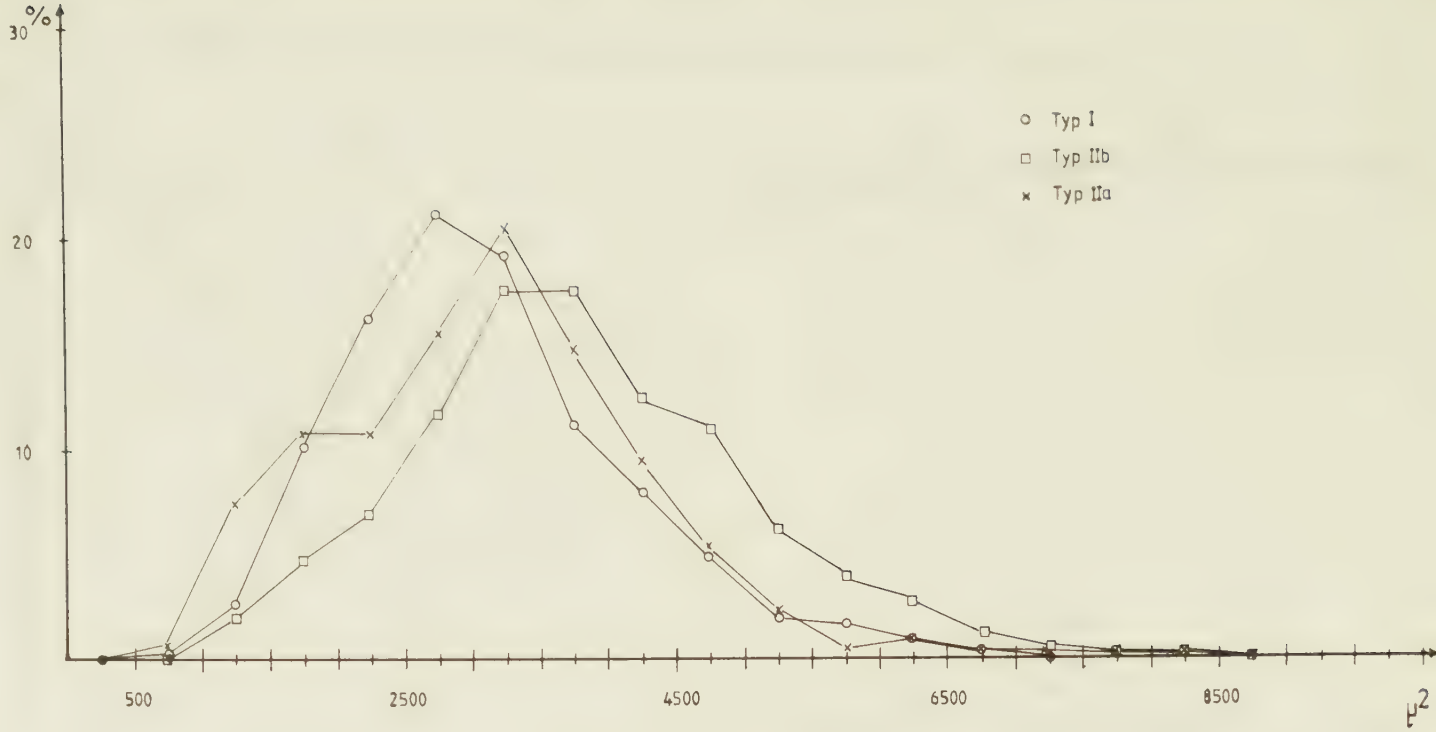


Abb. 7: Prozentuale Verteilung der Muskelfaserquerschnittsflächen beim Omohyoideus rechts, gemessen an Normalpersonen.

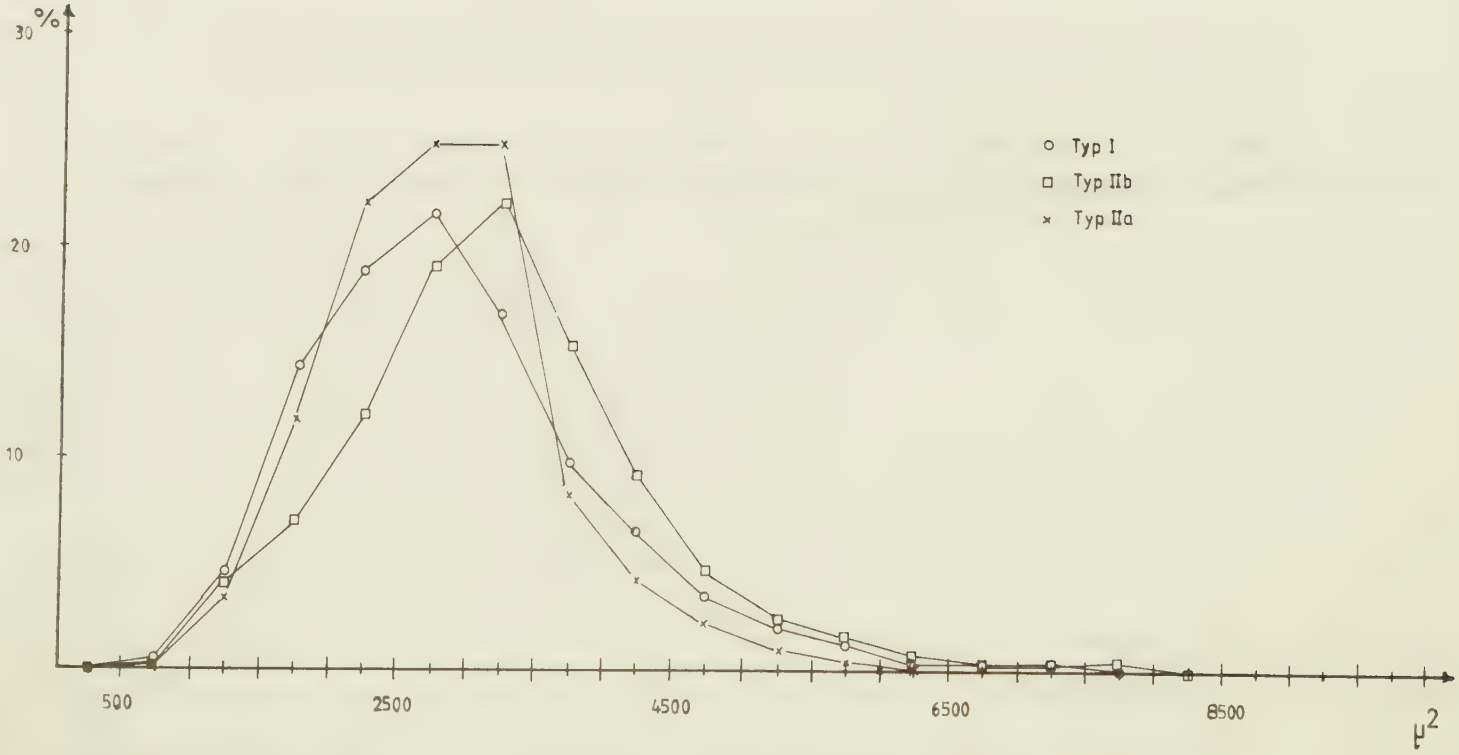


Abb. 8: Prozentuale Verteilung der Muskelfaserquerschnittsflächen beim Omohyoideus links, gemessen an Normalpersonen.

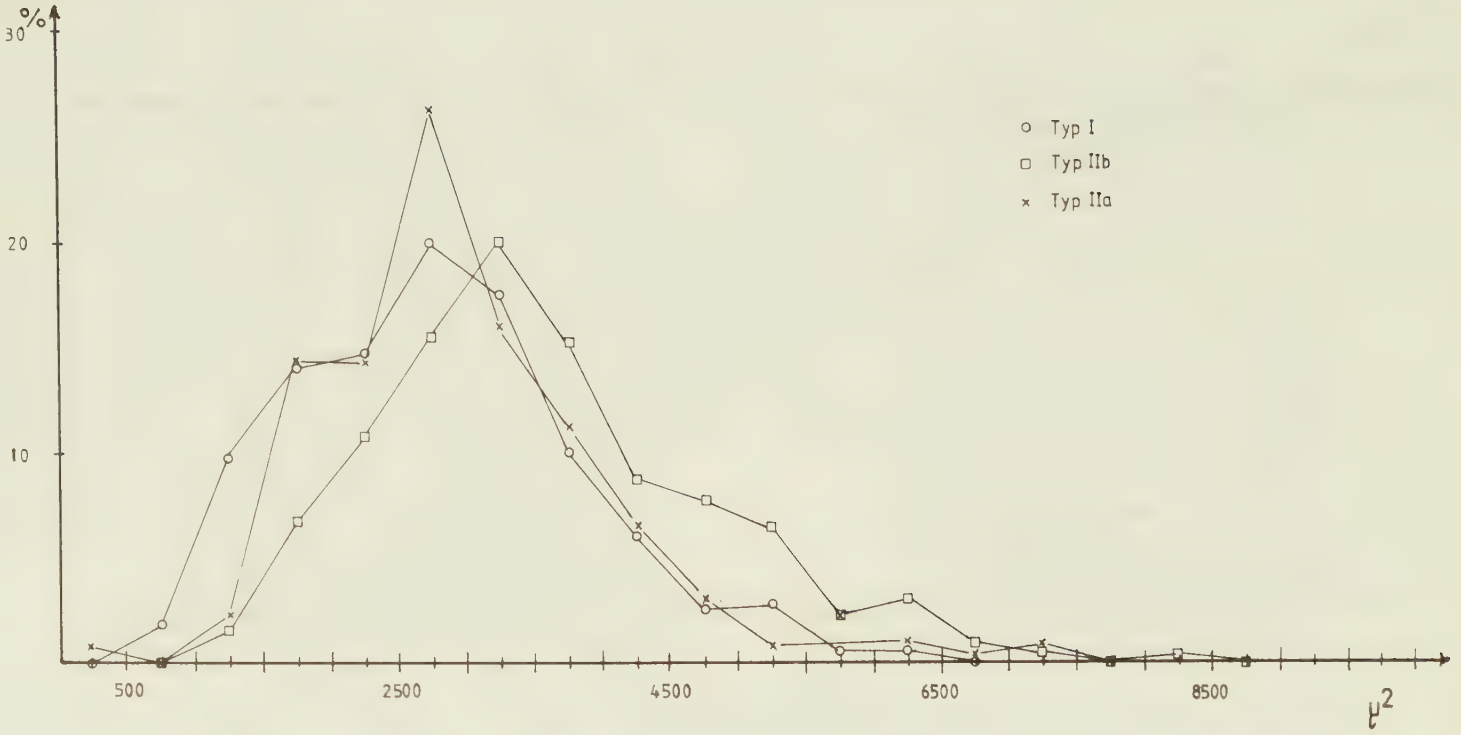


Abb. 9: Prozentuale Verteilung der Muskelfaserquerschnittsflächen beim Omohyoideus, gemessen bei den begleitmyopathisch veränderten Biopsien..

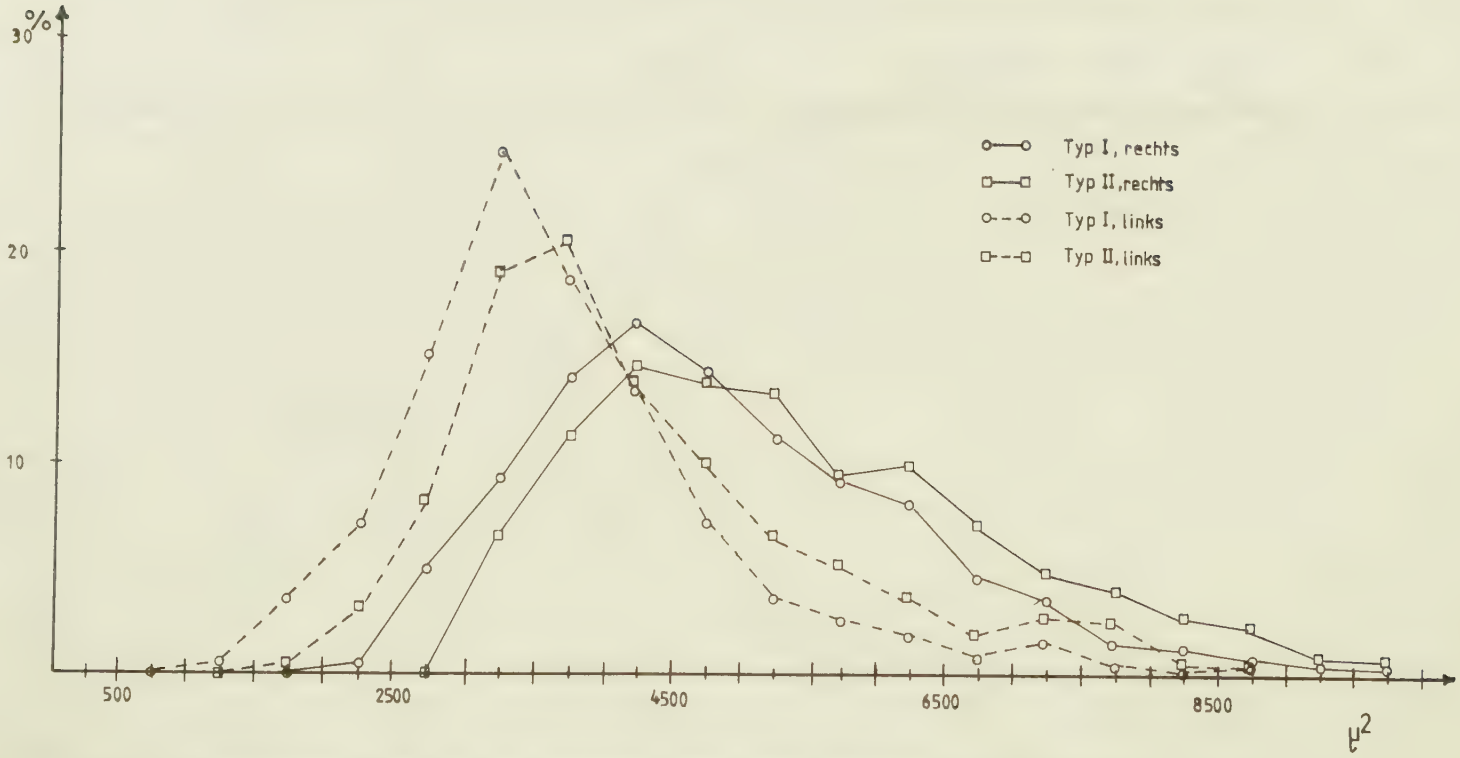


Abb. 10: Gegenüberstellung der bei Torticollispatienten gemessenen Werte der Muskelfasertypen I und II auf der rechten und auf der linken Seite. Die rechtsseite Hypertrophieneigung, die beide Muskelfasertypen betrifft, kommt deutlich zum Ausdruck. Ergänzend sei gesagt, daß in diesen Fällen der rechte Sternocleidomastoideus erkrankt war.

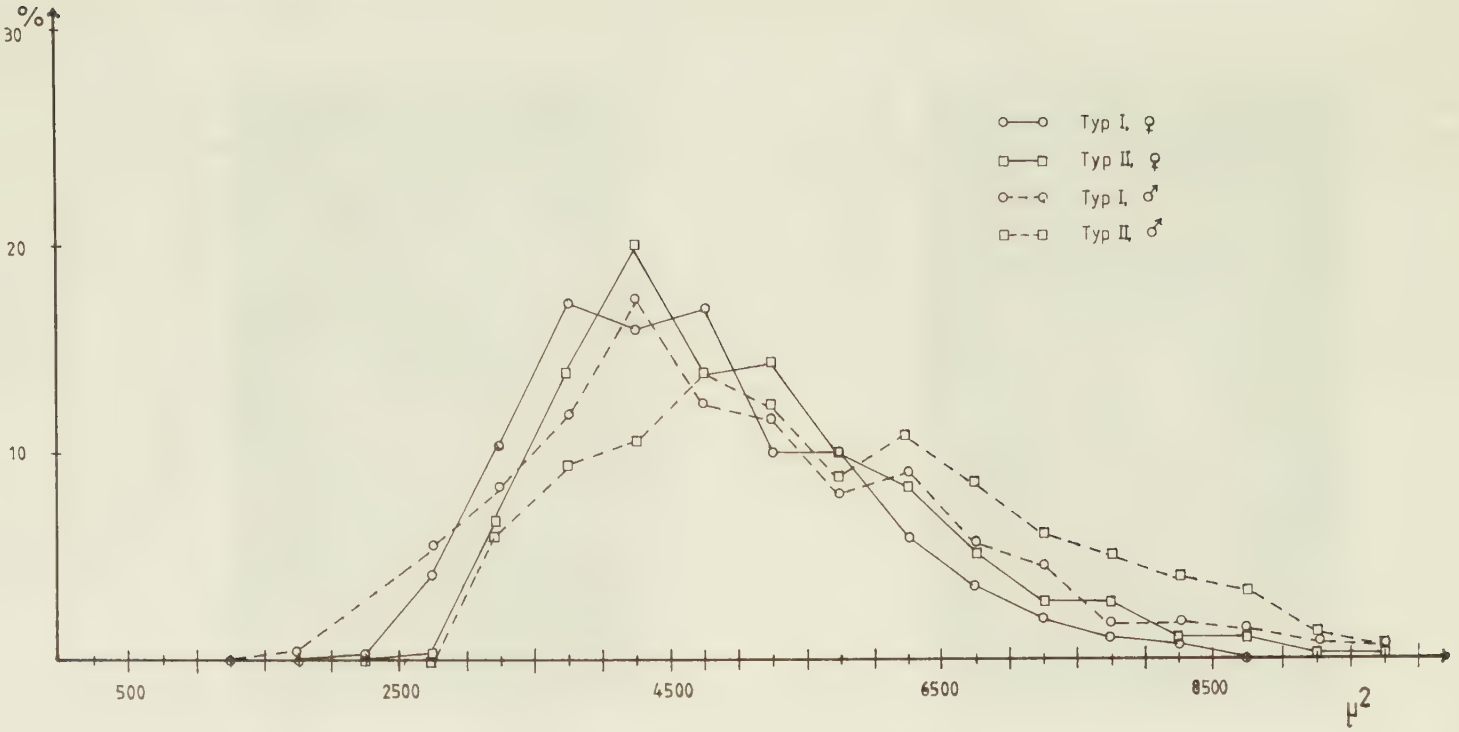


Abb. 11: Graphische Darstellung der bei den Torticollispatienten gemessenen Muskelfaserquerschnittsflächen, aufgeteilt in Männer und Frauen (rechts).

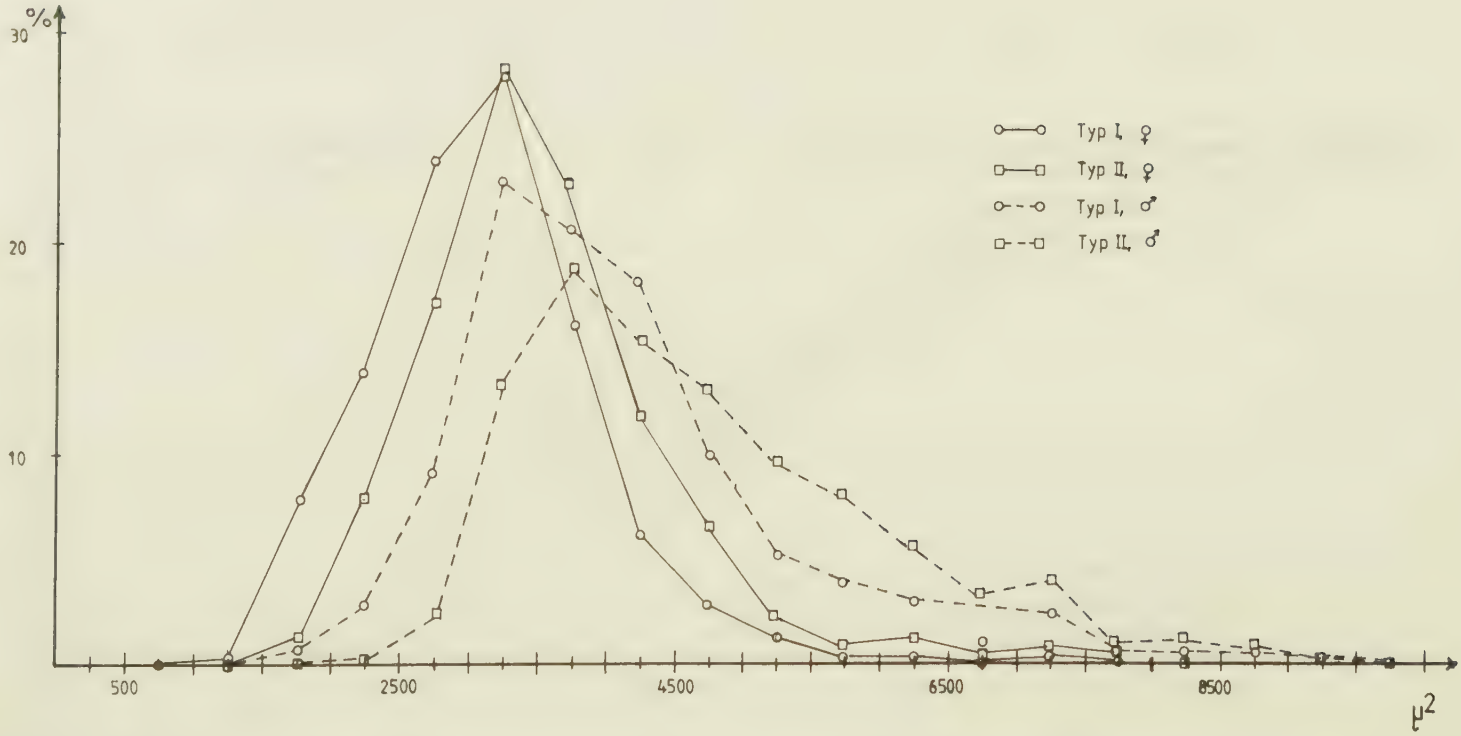


Abb. 12: Graphische Darstellung der bei den Torticollispatienten gemessenen Muskelfaserquerschnittsflächen, aufgeteilt in Männer und Frauen (links).

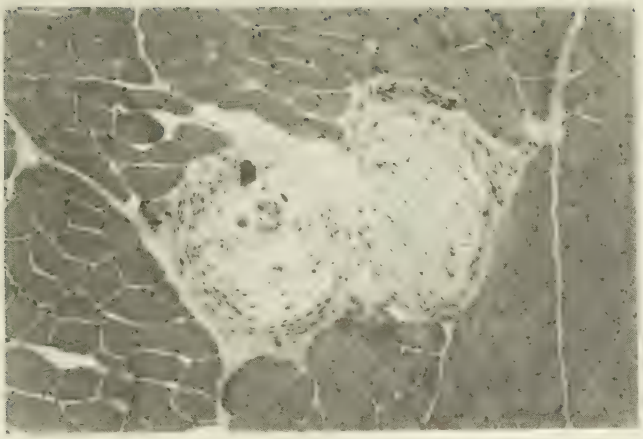


ABB 13: Muskelspindel mit bindegew. Kapsel
H.-E. Färbung 102fache Vergr.

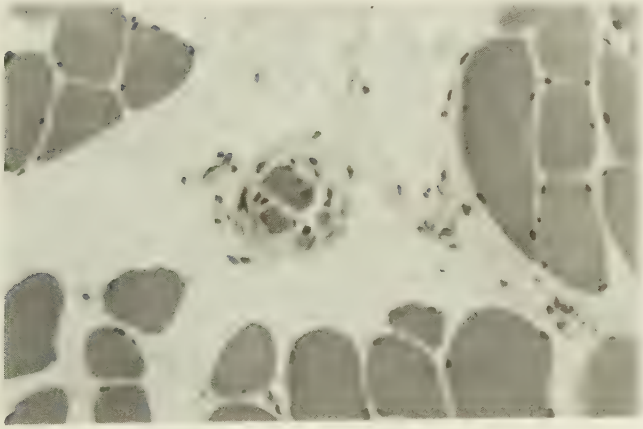


ABB. 14: Muskelspindel
H.-E. Färbung 256fache Vergr.

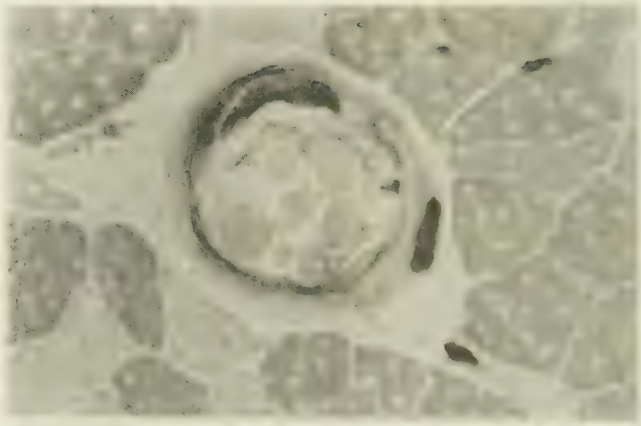


ABB. 15: Spindel
dargestellt nach saurer ATPase Reaktion 409fache Vergr.

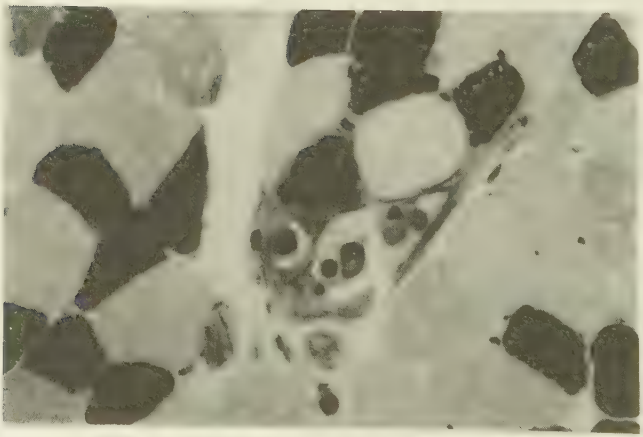


ABB. 16: Muskelspindel
saure ATPase Reaktion 200fache Vergr.
vgl. Abb. 18

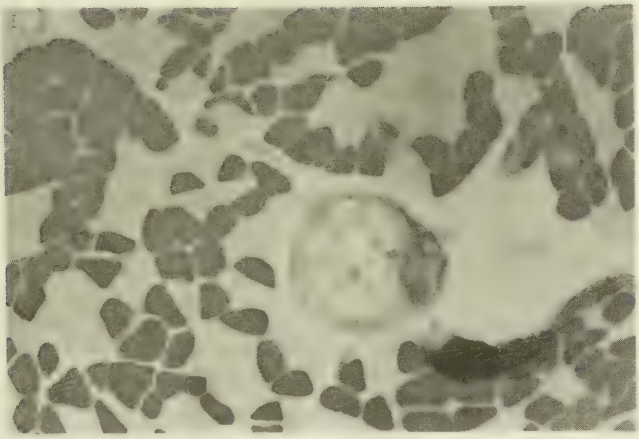


ABB. 17: saure ATPase 128fache Vergr.

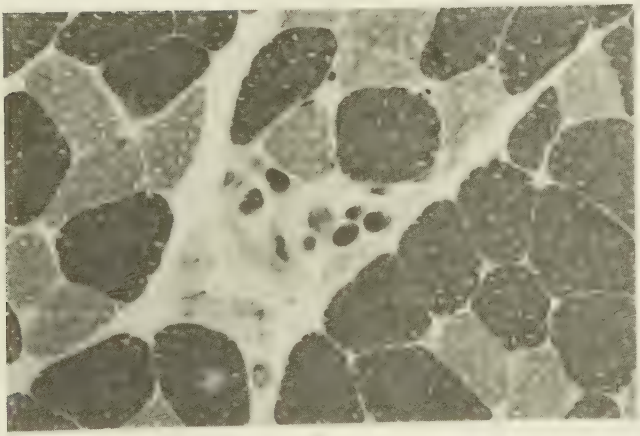


ABB. 18: Dasselbe Präparat wie Abb. 16, hier mit Hilfe der alk. ATPase dargestellt.

10. Literaturangaben

AHERNE, W.: A method of determining the cross sectional area of muscle fibres
J. neurol. Sci. 7, 519-528 (1968)

BÁRÁNY, M.: ATPase activity of myosin correlated with speed of muscle shortening
Journal of General Physiology, 5o, 197-218 (1967)

BECKETT, E.B., BOURNE, G.H.:
Aus "Struktur und Funktion des Muskels", Band I
4. Sceletal and cardiac muscle, p. 153-177

BENNINGHOFF-GOERTTLER:
Lehrbuch der Anatomie des Menschen, I. Band,
1o. Auflage

BROOKE, M.H., ENGEL, W.K.:
The histographic analysis of human muscle biopsies with regard to fiber types
1. Adult male and female
Neurology (Minneap.) 19, 221-233 (1969 a)
2. Diseases of the upper and lower motor neurons
Neurology (Minneap.) 19, 378-393 (1969 b)
3. Myotonias, myasthenia gravis and hypokalemic periodic paralysis
Neurology (Minneap.) 19, 469-477 (1969 c)
4. Children's biopsies
Neurology (Minneap.) 19, 591-6o5 (1969 d)

BROOKE, M.H., KAISER, K.K.:
Muscle fiber types: how many and what kind?
Arch. Neurol. 23, 369-379 (197o)

BULLARD, H.H.:
Histological as related to physiological and chemical differences in certain muscles of the cat
Johns Hopkins Hospital Reports, 18, 323 (1919)
(aus Dubowitz and Brooke)

BUNDSCHU, H.D., SUCHENWIRTH, R.:
Primäre und sekundäre Myopathien aus enzym-histologischer Sicht
Fortschr. Neurol. Psychiat. 41, 419-449 (1973)

BUNDSCHU, H.D., GRAESER, W.:
A new method for analysis of muscle fibre cross-section areas in studies on neuromuscular diseases
Proc. int. Symp. Giessen 1973
ed. by KUNZE, K., DESMEDT, I.E. pp 15-19
Karger, Basel (1975)
(Übersetzung aus dem Englischen)

DENNY-BROWN, D.E.:
The histological features of striped muscle in relation to its functional activity
Proceedings of the Royal Society, B 1o4, 371 (1929)

DUBOWITZ, V.: Enzyme histochemitry of skeletal muscle
Part I Developing animal muscle
Part II Developing human muscle
Journal Neurol. Neurosurg. Psychiat. 28, 516-524 (1965)

DUBOWITZ, V., PEARSE, A.G.E.:
A comparativ histochemical study of oxidative enzyme and phosphorylase activity in skeletal muscle
Histochemie 2, 1o5-117 (196o)

DUBOWITZ, V., BROOKE, M.H.:
Muscle Biopsy:"A Modern Approach"
Volume 2 in the Series
Major Problems in Neurology (1973)

EDSTRÖM, L., KUGELBERG, E.:
Histochemical composition, distribution of fibers and fatiguability of single motor units. (Anterior tibial muscle of the rat.)
J. Neurol. Neurosurg. Psychiat. 31, 424-433 (1968)

EDSTRÖM, L., NYSTRÖM, B.:
Histochemical types and sizes of fibers in normal human muscles. A biopsy study
Acta Neurol. Scand. 45, 257-269 (1969)

EDSTRÖM, L., TORLEGARD, K.:
Area estimation of transversely sectioned muscle fibres
Z. wiss. Mikr. 69, 166-178 (1969)

ENGEL, W.K.: The essentiality of histo- and cytochemical studies of skeletal muscle in the investigation of neuromuscular disease
Neurol. (Minneap.) 12, 778-794 (1962)

JERUSALEM, F.; BISCHHAUSEN, R.:
Zur Technik der Muskelbiopsie
Der Nervenarzt 46, 42-48 (1975)

KARPATI, G., ENGEL, W.K.:
Type grouping in skeletal muscles after experimental reinnervation
Neurology (Minneap.) 18, 447-455 (1968)

KNOLL, P.: Über protoplasmaarme und protoplasmareiche Muskulatur
Denkschr. Akad. Wis. 58, 633-674 (1891)

KRUEGER, P.: Über einen möglichen Zusammenhang zwischen Struktur, Funktion und chemischer Beschaffenheit der Muskeln
Biol. Zbl. 49, 616-638 (1929)

MATTHEWS, P.B.C.:
Mammalian Muscle Receptors and their Central Action
London: Edward Arnold (1972)

MELTZER, H.Y., RASTOGI, S., ELLISON, J.:
Quantitative histochemical evaluation
of normal human skeletal muscle
Neurology. 26, 849-852 (Sept. 1976)

MICKELSON, M.R., COOPER, R.R., PONSETI, I.V.:
Ultrastructure of the Sternocleidomastoid
Muscle in Muscular Torticollis
Clinical Orthopaedics and Related Research,
July-August 1975, pp 11-18

OGATA, T.: A histochemical study of the red and white
muscle fibres
I. Activity of the succinoxidase system in
muscle fibres
Acta med. Okayama 12, 216-227 (1958)

OGATA, T., MORI, M.:
Histochemical Study of Oxidative Enzymes in
Vertebrate Muscles
J. Histochem. Cytoch. 12, 17o-183 (1963)

OLKOWSKI, Z., MANOCHA, S.L.:
Aus "Struktur und Funktion des Muskels", Band II,
pp 368-388 und 424-437

OPPEL, U., RÜGER, B.:
Biomathematik, medizinische Statistik und
Dokumentation
Rathgeber Verlag OHG, München (1975)

PADYKULA, H.A.:
The localization of succinic dehydrogenase in tissue sections of the rat
Amer. J. Anat. 91, 1o7-132 (1952)

PADYKULA, H.A., HERMAN, E.:
The specifity of the histochemical method for adenosintriphosphatase
J. Histochem. Cytochem. 3, 17o-195 (1955)

PEARSE, A.G.E.:
Direct relationship of phosphorylase and mitochondrial alpha-glycerophosphate dehydrogenase activity in skeletal muscle
Nature (Lond.) 191, 5o4 (1961)

POECK, K.: "Neurologie"
Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York
4. Auflage (1977)

RANVIER, L.: De quelques faits relatifs à l'histologie et à la physiologie des muscles striés
Arch. Phys. norm. path. 6, 1-15 (1874)

ROMANUL, F.C.A.:
Enzymes in muscle
I. Histochemical studies of enzymes in individual muscle fibers
Arch. Neurol. 11, 355-368 (1964)
II. Histochemical and quantitative studies
Arch. Neurol. 11, 369-378 (1964)

SUCHENWIRTH, R. BUNDSCHU, H.D.:
Enzymhistologische Befunde an der Skelettmuskulatur des Menschen
I. Methoden und Ergebnisse bei Normalpersonen
Klin. Wschr. 48, 1096-1101 (1970)

SUCHENWIRTH, R., D'AVIS, W., BUNDSCHU, H.D.:
IV. Inaktivitätsatrophie
Klin. Wschr. 50, 199-204 (1972)

SULEMANA, C.A., SUCHENWIRTH, R.:
Topische Unterschiede in der enzymhistologischen Zusammensetzung der Skelettmuskulatur. Untersuchung an 5 Skelettmuskeln von Verstorbenen ohne neuromuskuläre Erkrankung
L. Neurol. Sci. 16, 433-444 (1972)

SIEGENTHALER, W.:
Klinische Pathophysiologie
Georg Thieme Verlag, Stuttgart,
3. Auflage (1976)

SCHMITT, H.P.:
Measurement of voluntary muscle fiber cross sections: A comparative study of different possible methods
Microscopia Acta Vol.77 Number 5, (1976)
pp 427-440

STEIN, J.M., PADYKULA, H.A.:
Histochemical classification of individual skeletal muscle fibers of the rat
Am. J. Anat. 11o, 1o3-124 (1962)

WACHSTEIN, M., MEISEL, E.:
The distribution of demonstrable succinic dehydrogenase and of mitochondria in tongue and skeletal muscle
J. of Biopsies. Biochem. Cytol. 1, 483-488 (1955)

An dieser Stelle möchte ich Herrn Professor Dr. K. Schimrigk für die Überlassung des Themas, die geduldige Unterstützung während der Anfertigung der Arbeit und die Übernahme des Referates danken.

Bei Herrn Professor Dr. H. G. Mertens bedanke ich mich für die Übernahme des Korreferates.

Mein Dank für die Anfertigung der histologischen Schnitte gilt Frau G. Hock, Frau R. Nolte und Frau K. Stingl.

L E B E N S L A U F V O N MONIKA GIERZ, geb. SDRENA

28. Juni 1951	Geboren in Eltville als Tochter von Helmut Sdrena und seiner Ehefrau Hella Sdrena, geb. Laquai.
1957 - 1961	Besuch der Grundschule in Beerfurt im Odenwald.
1961 - 1969	Besuch des neusprachlichen Zweiges des Gymnasiums in Groß-Bieberau.
Juni 1969	Abitur.
Frühjahr 197o - 72	Ausbildung an der staatlich anerkannten Lehranstalt für Krankengymnastik "Friedrichsheim" der Universitätskliniken in Frankfurt am Main.
März 1972	Staatsexamen als Krankengymnastin.
1972 -1973	Staatliches Anerkennungsjahr als Krankengymnastin im Markuskrankenhaus in Frankfurt.
1973	Erhalt des Diploms als Krankengymnastin.
Sommersemester 1973	Beginn des Medizinstudiums an der Universität Würzburg.
Juni 1977	Heirat mit dem Diplommathematiker Gerhard Gierz.
Frühjahr 198o	Bestehen des schriftlichen und mündlichen Abschnittes des 3.Teiles der Ärztlichen Prüfung.

Monika Gierz, geb. Sdrena

Dissertationsdruck
Schmitt & Meyer

Würzburg Ludwigkai 28a Tel. 7 23 80

Dissertationsdruck
Schmitt & Meyer

Würzburg Ludwigkai 28a Tel. 7 23 80